



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DO NÍVEL DE REABSORÇÃO RADICULAR EXTERNA PRÉ E PÓS-TRATAMENTO ORTODÔNTICO

Trabalho submetido por

Diana Carolina Santos Vicente

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro de 2017



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA DO NÍVEL DE REABSORÇÃO RADICULAR EXTERNA PRÉ E PÓS-TRATAMENTO ORTODÔNTICO

Trabalho submetido por

Diana Carolina Santos Vicente

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Professora Doutora Ana Margarida Ramos Sintra Delgado

Setembro de 2017

Dedicatória

Aos meus pais, Carlos e Odete, por tudo o que sacrificaram por mim.

Agradecimentos

Ao Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, a minha casa, que tornou este sonho numa realidade.

À minha orientadora Professora Doutora Ana Margarida Sintra Delgado pelo o seu total apoio, disponibilidade, orientação e paciência durante a execução deste trabalho.

À Mestre Catarina Izidoro, pela sua constante disponibilidade, ajuda e apoio.

À Professora Marisa Santos Silva por toda a ajuda na área estatística deste trabalho.

A todos os Médicos Dentistas da Clínica Universitária Egas Moniz, por todo o conhecimento que me transmitiram durante a minha formação.

Aos meus pais, pelo seu constante amor, por me terem dado a oportunidade de estudar o que sempre sonhei e por terem sido o meu pilar durante todo este percurso.

À minha família, por todo o carinho e amor. Não existem palavras agradecer todo o seu apoio.

Aos meus colegas de curso, por tornarem esta jornada muito mais divertida.

Aos grandes amigos que fiz nesta instituição, que se tornaram a minha família durante estes 5 anos, por toda a amizade e companheirismo.

A todos o meu sincero e profundo obrigado

RESUMO

Objetivos: Avaliar a prevalência de reabsorção radicular pré e pós tratamento ortodôntico, relacionando-a com os fatores que poderão estar na sua etiologia, nomeadamente o grupo dentário analisado, género, faixa etária e tempo de tratamento.

Materiais e métodos: Foram selecionados aleatoriamente 150 processos de pacientes de ambos os sexos, submetidos a tratamento ortodôntico já finalizado, da Clínica Universitária Egas Moniz. Foram aplicados os critérios de exclusão e em seguida, foram analisadas radiografias panorâmicas iniciais e finais de 56 pacientes sujeitos a aparelho ortodôntico fixo durante um período entre 1 e 4 anos, com idades entre os 15 e 35 anos. As medições foram realizadas desde o bordo incisal/cúspide vestibular até ao ápice radicular para obtenção do valor de reabsorção radicular, com auxílio de paquímetro digital de alta precisão e negatoscópio. Foi comparado o nível de reabsorção radicular pré e pós-tratamento ortodôntico e foi estudada a sua relação com fatores como o grupo dentário analisado, género, faixa etária e tempo de tratamento. Os testes Willcoxon, Kruskal-wallis, Mann-Whitney e coeficiente de Pearson foram aplicados.

Resultados: Existiram diferenças estatisticamente significativas para os valores do comprimento dos dentes no pós-tratamento face ao pré-tratamento, tendo existido uma reabsorção radicular de cerca 0,82 mm (+0,07). Existiram diferenças estatisticamente significativas consoante o dente analisado. Não existiram diferenças estatisticamente significativas da reabsorção radicular relativamente ao género nem à faixa etária. Houve correlação entre a reabsorção radicular e o tempo de tratamento.

Conclusão: Este estudo permitiu identificar diferenças entre os valores do pré-tratamento e os valores do pós-tratamento. O grupo dentário e o tempo de tratamento foram identificados como fatores de risco associados à reabsorção radicular em pacientes sujeitos a tratamento ortodôntico.

Palavras-Chave: Ortodontia; Reabsorção radicular; Radiografia; Ortopantomografia

ABSTRACT

Objective: To evaluate the prevalence of root resorption before and after treatment, relating it to factors that may be related to its etiology such as the tooth group, gender, age and duration of treatment.

Materials and Methods: A total of 150 archives were selected from patients of both sexes, submitted to orthodontic treatment and with the treatment already completed at ISCSEM University Clinic. The exclusion criteria were applied and then, the initial and final panoramic radiographs of 57 patients submitted to a fixed orthodontic appliance were analyzed during a period between 1 and 4 years and aged between 15 and 35 years. Measurements were made from the incisal surface /vestibular cuspid to the apex to obtain the root resorption value, using a high precision digital caliper and negatoscope. The level of root resorption was compared through radiographies before and after treatment according to the dental group analyzed, gender, age and duration of treatment. The tests Willcoxon, Kruskal-wallis, Mann-Whitney, Pearson's coefficient were applied.

Results: There were statistically significant differences for the teeth length values in the posttreatment compared to pretreatment, with a apical external root resorption of about 0.82 mm (+ -0.07). There were statistically significant differences depending on the tooth analyzed. There were no statistically significant differences in root resorption with respect to gender and age. There was a correlation between root resorption and duration of treatment.

Conclusion: This study allowed to identify differences between the pre-treatment values and the post-treatment values. The dental group and time of treatment were identified as risk factors associated with root resorption in patients submitted to orthodontic treatment.

Key words: Orthodontics; Root resorption; Radiography; Orthopantomography

ÍNDICE

1 - INTRODUÇÃO	11
1.1. Reabsorção radicular	11
1.2. Fatores de risco	12
1.2.1 Fatores Biológicos	13
1.2.1.1. Suscetibilidade genética	13
1.2.1.2. Fatores sistêmicos	14
1.2.1.3. Fatores nutricionais	14
1.2.1.4. Idade	15
1.2.1.5. Género	15
1.2.1.6. Etnia	15
1.2.1.7. Reabsorção radicular prévia ao tratamento ortodôntico	15
1.2.1.8. Hábitos parafuncionais	15
1.2.1.9. Anomalias dentárias	16
1.2.1.10. Morfologia radicular	16
1.2.1.11. Episódio de trauma dentário	17
1.2.1.12. Dentes endodonciados	17
1.2.1.13. Densidade óssea alveolar	17
1.2.1.14. Severidade e má oclusão	18
1.2.2. Fatores Mecânicos	18
1.2.2.1. Técnica de movimento ortodôntico	18
1.2.2.2. Direção do movimento ortodôntico	18
1.2.2.3. Força ortodôntica	19
1.2.2.4. Duração do tratamento	20
1.3. Classificação da reabsorção radicular	21
1.4. Resposta biológica a força ortodôntica	23
1.5. Diagnóstico da reabsorção radicular	26
1.6. Possíveis consequências da reabsorção radicular	27
1.7. Prevenção da reabsorção radicular	27
1.8. Tratamento da reabsorção radicular	28
1.9. Objetivos e hipóteses	29
1.9.1. Objetivos	29
1.9.2. Hipóteses Experimentais	29
2. MATERIAIS E MÉTODOS	31
2.1. Materiais	31
2.1.1. Fontes bibliográficas	31

2.1.2. Considerações éticas	31
2.1.3. Local de trabalho	31
2.1.4. Seleção da amostra	31
2.1.5. Critérios de inclusão e exclusão.....	32
2.1.6. Procedimento	32
2.2. Metodologia.....	33
2.2.1. Caracterização do estudo.....	33
2.2.2. Variáveis do estudo.....	33
2.2.3. Instrumentos e materiais usados.....	34
2.2.4. Recolha de dados/Avaliação da reabsorção radicular	35
3. RESULTADOS	37
3.1. Caracterização da amostra.....	37
3.2. Análise de dados	40
3.2.1. Alteração radicular entre o pré e pós-tratamento ortodôntico.....	40
3.2.2. Relação da reabsorção radicular com o grupo dentário	42
3.2.3. Relação da reabsorção radicular com o género	46
3.2.4. Relação da reabsorção radicular com a faixa etária	46
3.2.5. Relação da reabsorção radicular com o tempo de tratamento	46
4. DISCUSSÃO.....	47
5. CONCLUSÃO	55
6. BIBLIOGRAFIA	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação da morfologia radicular.....	16
Figura 2 - Classificação da reabsorção radicular.....	22
Figura 3 - Classificação de reabsorção radicular proposta por Levander & Malmgren.....	23
Figura 4 - Diagrama explicativo da resposta biológica à força ortodôntica.....	25
Figura 5 - Diagrama do método de medição utilizado no estudo.....	33
Figura 6 - Ortopantomógrafo (ORTHOPHOS XG 5 DS/Ceph da Sirona).....	34
Figura 7 - Paquímetro digital.....	35
Figura 8 - Negatoscópio.....	35
Figura 9 - Gráfico da distribuição de indivíduos segundo os critérios de inclusão e exclusão.....	37
Figura 10 - Gráfico da prevalência de reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico.....	40
Figura 11 - Distribuição da alteração radicular no pré e no pós-tratamento.....	41
Figura 12 - Gráfico de barras de erro representa valores médios (mm) \pm desvio padrão dos valores das diferenças obtidos no comprimento, dos diversos tipos de dentes, nos lados direitos (vermelho) e esquerdos (preto), em dentes com reabsorção radicular.....	43
Figura 13 - Representação gráfica da frequência em percentagem de reabsorção radicular por grupo de dentes após o tratamento.....	44
Figura 14 - Representação gráfica da frequência média em mm da reabsorção radicular por grupo de dentes após o tratamento.....	45
Figura 15 - Diagrama de barras da diferenças da reabsorção radicular entre grupos dentários.....	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de reabsorção radicular proposta por Levander & Malmgren.....	23
Tabela 2 - Teste para avaliar o erro intra-observador	36
Tabela 3 - Caracterização da amostra inicial relativamente ao género.....	37
Tabela 4 - Caracterização da amostra dos indivíduos incluídos relativamente ao género e média de idade	38
Tabela 5 - Caracterização dos indivíduos incluídos no estudo por faixa etária.....	38
Tabela 6 - Distribuição dos indivíduos incluídos no estudo por tempo de tratamento....	39
Tabela 7 - Alteração radicular entre o pré e o pós-tratamento ortodôntico	41
Tabela 8 - Comprimento de reabsorção radicular por tipo de dentes, lado direito e esquerdo	42
Tabela 9 - Distribuição da frequência de reabsorção radicular por grupo de dentes após o tratamento	43

LISTA DE ABREVIATURAS

R.R. – Reabsorção Radicular

S.P.S.S. - Statistical Package for the Social Sciences

MTA - Agregado Trióxido Mineral

CBCT - Tomografia Computadorizada de Cone Been

JAC - Junção Amelo-Cementária

mm – Milímetros

1. INTRODUÇÃO

1.1. Reabsorção radicular

A ortodontia é a especialidade da medicina dentária que se ocupa da prevenção, supervisão, interceção e correção de alterações no crescimento das estruturas dentofaciais e anomalias oclusais, conhecidas como má-oclusão. Proporciona uma correta relação dentária, oclusal e dos ossos faciais, através da aplicação ou redireccionamento das forças funcionais do complexo crânio facial, visando uma estética agradável e uma boa função, contribuindo para a saúde oral e geral, melhorando desta forma a qualidade de vida dos pacientes (Monnerat & Mucha, 1998; Adegbite et al., 2012; Alfuriji et al., 2014).

Apesar dos benefícios do tratamento ortodôntico, e como em todos as modalidades de tratamento, existem alguns riscos que lhe são inerentes e que são inevitáveis, porém, quando controlados são considerados clinicamente aceitáveis. Estes riscos, podem ser locais como a desmineralização do esmalte, cáries, trauma e desgaste de esmalte, reações pulpares, reabsorção radicular, alterações periodontais, disfunção da articulação temporo-mandibular e alteração do perfil. Podem ainda ser sistémicos, como alergias, infeções cruzadas ou endocardite infecciosa. Estes riscos, devem ser tidos em conta, devem ser referidos aos pacientes e constar no consentimento informado. Contudo, se o tratamento ortodôntico for benéfico para o paciente, e se as vantagens por ele oferecidas superarem qualquer possível dano, então o tratamento deve ser iniciado (Travess, et al, 2004; Alfuriji et al., 2014).

A reabsorção radicular é considerada uma sequela indesejável e imprevisível do tratamento ortodôntico que ocorre em alguns indivíduos. Tem como consequência a perda de estrutura mineralizada dentária ao nível do ápice radicular, levando a uma diminuição do terço apical da raiz, podendo em casos severos comprometer os benefícios e o sucesso do tratamento ortodôntico (Ramanathan & Hofman, 2006; Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Wu et al., 2013; Alfuriji et al., 2014; Ahangari et al., 2016; Iglesias-Linares et al., 2016; Nieto-Nieto *et al*, 2017).

Bates, foi o primeiro a descrever a reabsorção radicular em dentes definitivos em 1856, mas só mais tarde em 1914, Ottolengui publicou o primeiro estudo em que refere a possibilidade de uma relação entre a reabsorção radicular e a ortodontia. Porém, foi Ketcham em 1927, o primeiro a investigar a reabsorção radicular como consequência do tratamento ortodôntico, o que, mais tarde, provocou o interesse de vários investigadores,

levando a vários estudos sobre este tema. (Brezniak & Wassertein, 1993; Ramanathan & Hofman, 2006)

A reabsorção radicular, ocorre com maior incidência e com maior severidade em pacientes sujeitos a tratamento ortodôntico em que a terapia envolve níveis de força mais elevados do que os utilizados normalmente para movimentação dentária, contudo, apesar da incidência em doentes tratados ortodonticamente ser significativamente mais alta, este fenômeno também pode ocorrer em indivíduos não submetidos ao tratamento (Brezniak & Wassertein, 1993; Zahrowski *et al*, 2010).

Brezniak & Wassertein (1993), relatam uma alta incidência de reabsorção radicular em estudos histológicos e microscópicos, enquanto que os estudos clínicos evidenciam uma incidência variada. Hartsfield & Everett (2004), referem que a prevalência de reabsorção radicular pode variar entre indivíduos e entre dentes do mesmo indivíduo, apresentando diferentes graus de severidade, tornando-se desta forma, difícil de prever os grupos de indivíduos que vão desenvolver maiores níveis de reabsorção radicular. O estudo e avaliação dos fatores de risco relacionados com o tratamento ortodôntico e com o paciente, são essenciais, uma vez que permitem o diagnóstico precoce, prevenindo desta forma, possíveis complicações associadas à reabsorção radicular induzida pelo tratamento ortodôntico (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

1.2. Fatores de risco

A reabsorção radicular associada ao tratamento ortodôntico tem múltiplas causas, porém, não deve ser considerada uma patologia multifatorial, uma vez que os fatores que a originam atuam independentemente uns dos outros. Para que esta situação ocorra é necessária a existência e a combinação de várias condições, como fatores mecânicos, variabilidade biológica individual e ainda uma pré disposição genética (Consolaro, 2011; Nieto-Nieto *et al*, 2017).

Este fenômeno tende a ocorrer após estímulos químicos ou mecânicos e é frequentemente associado à pressão exercida pelo movimento ortodôntico, podendo ainda, ocorrer no seguimento de um episódio infeccioso dentário, episódio de trauma, sendo também associado a casos de dentes inclusos não erupcionados (Ahangari *et al*, 2016).

Apesar dos inúmeros estudos realizados, a origem e previsibilidade deste fenômeno não é totalmente clara, contudo, existem fatores isolados ou em interação que podem contribuir para o seu desenvolvimento, como a vulnerabilidade dentária, idade do

paciente, morfologia radicular, tipo de aparelho ortodôntico, magnitude e duração da força, direção do movimento dentário, suscetibilidade individual, predisposição hereditária e ainda fatores sistêmicos. A proporção coroa/raiz, assim como a densidade óssea alveolar e a existência de sinais prévios de reabsorção também são considerados fatores de risco para a reabsorção radicular associada ao tratamento ortodôntico (Brezniak & Wassertein, 1993).

Ramanathan e Hofman (2006) referem que os fatores individuais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da reabsorção radicular induzida ortodonticamente e que os fatores locais e sistêmicos têm grande influência para a ocorrência deste fenômeno durante o tratamento, referem ainda que a magnitude e duração da força aplicada são fatores que influenciam a reabsorção radicular e que a duração da força é considerada um fator com maior inferência do que a magnitude.

Existem, portanto, muitos fatores que podem iniciar e induzir a reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico, podendo dividir-se em fatores biológicos e mecânicos (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

1.2.1 Fatores Biológicos

1.2.1.1 Suscetibilidade genética

A predisposição para a reabsorção radicular é hereditária e é um fator muito importante para a sua ocorrência. É determinada por alguns genes, podendo ser autossômica dominante ou autossômica recessiva (Lopatiene & Dumbravaite, 2008). A genética ligada à reabsorção radicular, tem sido cada vez mais um foco de investigação, apurando-se uma forte associação entre ambas. Al-Qawasmi et al. (2002) relatam que os indivíduos com o genótipo com o gene IL-1 β apresentam cerca de mais 1,3 mm de reabsorção radicular do que os indivíduos com outro tipo de genótipo, sendo essa diferença entre os grupos significativa.

Wu et al. (2013), descrevem na sua meta-análise um marcador genético que identifica indivíduos suscetíveis para a ocorrência de reabsorção radicular antes do início do tratamento ortodôntico e revelam que o polimorfismo do gene IL-1 β +3954 pode ser um gene promissor no aumento do risco destes episódios em pacientes ortodônticos.

1.2.1.2. Fatores sistêmicos

Estudos demonstram que alergias e asma podem ser fatores de risco para a reabsorção radicular induzida por forças ortodônticas. No caso da asma, a reabsorção detetada foi apenas associada aos molares maxilares, o que se pensa que poderá estar relacionado com a proximidade das raízes destes dentes com os seios maxilares que nesta patologia se encontram inflamados, estando, portanto, sujeitas à ação de mediadores inflamatórios (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Estudos, revelam ainda que outros fatores sistêmicos podem induzir a reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico, foi estabelecida uma ligação com os estrogênios, que em baixas quantidades podem induzir um movimento dentário ortodôntico rápido, sabe-se ainda, que o cálcio sistêmico afeta a reabsorção radicular e a calcitonina inibe a atividade dos odontoclastos (Ramanathan & Hofman, 2006; Nishioka et al., 2006; Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Foram realizados estudos que relacionam alterações endocrinológicas como o hipotireoidismo e o hipertireoidismo com este fenômeno, porém, concluiu-se que estas alterações não propiciam o seu aparecimento (Newman, 1975; Rego, 2004).

Tem vindo a ser discutida a hipótese de alguns fármacos estarem relacionados com os processos de inibição e indução da reabsorção radicular associada ao tratamento ortodôntico. Os bifosfonatos, que são normalmente administrados para o tratamento da osteoporose por interferirem no metabolismo ósseo, têm apresentado resultados controversos (Alatli & Hammarstrom, 1996; Igar et al., 1996).

Os analgésicos e os anti-inflamatórios, também estão associados a alguns mediadores locais da remodelação óssea, contudo, para um fármaco ser capaz de causar alterações ósseas nos maxilares, seria necessário um tempo de exposição prolongado e altas dosagens, o que não ocorre com recorrência. Para além disso, normalmente, a população que recorre ao tratamento ortodôntico são maioritariamente adolescentes e jovens adultos, sendo singulares os casos de medicação prolongada ou de doenças sistêmicas (Pereira, 2014).

1.2.1.3. Fatores nutricionais

Marshall (1928), defendeu que a desnutrição pode causar reabsorção radicular. Becks & Marshall (1932), relatam que em animais privados de cálcio e vitamina D existe propensão à ocorrência destes episódios.

1.2.1.4. Idade

A partir dos 11 anos de idade o risco para a reabsorção radicular aumenta devido a alterações que começam a existir nos tecidos periodontais. O ligamento periodontal torna-se mais estreito e menos vascularizado, o osso torna-se mais denso, aplástico e com uma vascularização menor, enquanto que o cemento se torna mais amplo com o avançar da idade. As alterações periodontais que se dão com o envelhecimento, torna os indivíduos adultos mais propícios a estes episódios (Brezniak & Wassertein, 1993; Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

1.2.1.5. Género

Segundo Brezniak & Wassertein (1993), a proporção de reabsorção radicular foi de 3,7:1 de mulheres para homens, respetivamente, sendo a perda de material radicular maior em mulheres após o tratamento ortodôntico (0,73 mm) quando comparado com o sexo oposto (0,67 mm). Porém, a maior parte da literatura, refere que não existem diferenças na reabsorção radicular entre géneros (Sameshima & Sinclair, 2002; Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Ahangari et al., 2010; Jiang et al., 2010; Jung & Cho, 2011; Tieu et al, 2014).

1.2.1.6. Etnia

Há evidência de que a reabsorção radicular ocorre mais frequentemente em indivíduos caucasianos e hispânicos, ocorrendo invulgarmente em asiáticos (Sameshima & Sinclair, 2002; Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

1.2.1.7. Reabsorção radicular prévia ao tratamento ortodôntico

Existe uma relação significativa entre a quantidade e a gravidade da reabsorção radicular existente no pré-tratamento com a reabsorção no pós-tratamento ortodôntico. Existem relatos de que a incidência de reabsorção radicular aumentou de 4% no pré-tratamento para 77% após o tratamento (Goldson & Henrikson, 1975).

1.2.1.8. Hábitos parafuncionais

Hábitos parafuncionais como o bruxismo, roer as unhas, disfunções labiais e da língua, como pressão lingual aumentada e ainda a sua interposição associada à mordida aberta estão relacionados com o aumento da reabsorção radicular. Desta forma,

recomenda-se sempre a eliminação do hábito antes do início do tratamento ortodôntico (Brezniak & Wassertein, 1993; Ramanathan & Hofman, 2006, Pereira, 2014).

1.2.1.9. Anomalias dentárias

Casos de hipodontia e taurodontismo apresentam aumento do risco para a reabsorção da raiz. Dentes inclusos ou impactados são também mais suscetíveis a este fenômeno. Os dentes com maior prevalência de impactação são os terceiros molares que podem induzir a reabsorção da raiz do segundo molar, seguidos dos caninos superiores que podem propiciar a reabsorção dos dentes adjacentes, nomeadamente nos incisivos e pré-molares (Brezniak & Wassertein, 1993).

1.2.1.10. Morfologia radicular

A maioria dos autores refere que dentes com raízes com forma anormal apresentam um risco elevado para a ocorrência de reabsorção radicular. Lavender e Malmgren (1988) classificaram raízes com forma anormal em quatro grupos: 1- Curta; 2- Difusa; 3- Tortuosa e 4- Em forma de pipeta (Figura 1). Raízes em forma de pipeta são as que apresentam maior predisposição para episódios de reabsorção radicular, raízes difusas apresentam um risco moderado, sendo que as raízes de dentes normais são as menos suscetíveis. Sabe-se ainda, que raízes estreitas são mais suscetíveis a este fenômeno, e que raízes curtas apresentam o dobro do risco para a reabsorção radicular quando comparadas com raízes médias e longas (Lavender & Malmgren, 1988; Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

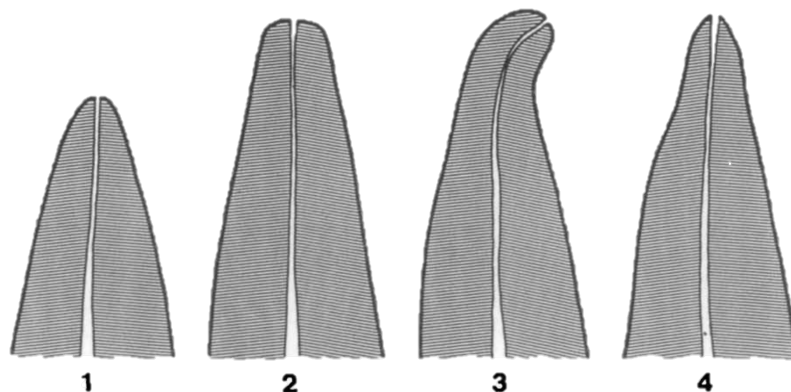


Figura 1 - Classificação da morfologia radicular.

1.2.1.11. Episódio de trauma dentário

Um episódio de trauma dentário pode causar reabsorção radicular mesmo em dentes não submetidos a tratamento ortodôntico. Dentes que sofreram trauma e que revelam reabsorção radicular devido a este acontecimento, aquando sujeitos a terapia ortodôntica revelam-se mais sensíveis, pelo fato do ligamento periodontal e o cemento terem sofrido lesões posteriormente. Ainda assim, não existe contraindicação para a movimentação destes dentes, desde que exista um bom planeamento do tratamento ortodôntico, que deve ser iniciado após 3 meses de ter corrido o trauma (Lopatiene & Dumbravaite, 2008, Pereira, 2014).

1.2.1.12. Dentes endodonciados

Segundo Wickwire et al. (1974), dentes tratados endodonticamente e que posteriormente foram submetidos a tratamento ortodôntico apresentam maior suscetibilidade para a reabsorção radicular. Contudo, existem estudos que referem o contrário, que os dentes endodonciados podem ser mais resistentes a este fenómeno que os dentes vitais, pensa-se que isto acontece pelo fato de após o tratamento endodôntico, a dentina radicular desidratar, aumentando a sua dureza e densidade. É de referir ainda, que a existência de dentes endodonciados não é uma contraindicação para o tratamento ortodôntico (Pereira, 2014).

1.2.1.13. Densidade óssea alveolar

O osso e o cemento são ambos sensíveis à reabsorção radicular quando são sujeitos a forças ortodônticas. Contudo, o osso apresenta uma menor resistência à reabsorção radicular que o cemento, pelo fato de ser menos mineralizado. A perda óssea em excesso, causa instabilidade dentária, uma vez que grande parte das fibras periodontais se inserem na zona da crista óssea (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

Alguns autores afirmam que é mais provável que episódios de reabsorção da raiz aconteçam em osso com maior densidade, e que, quanto maior a densidade óssea alveolar maior será a reabsorção radicular decorrente do tratamento ortodôntico. Por outro lado, outros autores, referem que num osso menos denso existem mais espaços medulares, preenchidos com células de reabsorção, e que em ossos mais densos e com menos espaços

medulares vão existir menos células de reabsorção, indicando que quanto maior a densidade óssea menor será a sua reabsorção (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

De acordo com Reitan (1967), aplicando uma força contínua e de alta magnitude num osso alveolar menos denso, a reabsorção radicular será a mesma que aplicando uma força contínua de baixa magnitude sobre um osso mais denso.

1.2.1.14. Severidade e má oclusão

Sameshima & Sinclair (2002), correlacionaram o overjet com uma maior reabsorção radicular em dentes anteriores superiores. A sobremordida foi igualmente relacionada este fenómeno, parecendo haver uma maior relação com os incisivos laterais superiores.

Quanto às classes de Angle, é um assunto controverso, uma vez que autores referem que a Classe II de Angle, divisão 2 é a que apresenta maior suscetibilidade para a reabsorção radicular. (Preoteasa et al., 2009) Contudo, outros autores referem que não existem diferenças no que diz respeito à propensão para a ocorrência deste acontecimento entre as várias Classes de Angle (Barroso et al., 2012; Picanço et al., 2013).

1.2.2. Fatores Mecânicos

1.2.2.1. Técnica de tratamento ortodôntico

Malmgren et al. (1982), referem que não existem diferenças entre a técnica de Begg e a Edgewise. (Brezniak & Wassertein, 1993) Weltman et al. (2009), refere que ao comparar as técnicas de Begg, Tweed, straight-wire e edgewise, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre elas. Sabe-se que os materiais ortodônticos contemporâneos, utilizados atualmente, produzem significativamente menores níveis de reabsorção radicular do que as técnicas estandardizadas utilizadas antigamente (Janson et al., 2000).

1.2.2.2. Direção do movimento ortodôntico

As investigações até agora realizadas neste âmbito, são retrospectivas, o que dificulta a avaliação de certos fatores relacionados com o tratamento ortodôntico, estudos prospetivos direcionados para a investigação da reabsorção radicular inerente aos tipos

de movimentos dentários específicos são necessários para conclusões mais precisas (Pereira, 2014).

Contudo, nos estudos existentes, tem sido observada uma maior concentração de forças nos movimentos de intrusão, torque e inclinação quando são utilizadas forças pesadas, sendo, portanto, os movimentos mais associados a episódios de reabsorção radicular. Os movimentos de intrusão causam quatro vezes mais reabsorção radicular, quando comparado com movimentos de extrusão, pensa-se que isto acontece porque nestes casos existe a concentração das forças na região do ápice radicular. Já os movimentos de extrusão não se encontram associados a grandes níveis de reabsorção da raiz (Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

1.2.2.3. Força ortodôntica

A força ortodôntica, leva a uma pressão na zona do ligamento periodontal, havendo uma resposta biológica, com formação de zonas hialinas o que provoca uma reabsorção local tecidual que acontece com o intuito de aliviar a pressão, permitindo a remodelação e reparação da região. Quando se fala de força ortodôntica, deve ter-se em conta parâmetros como a sua magnitude, o tipo de intensidade de força e ainda o seu tempo de aplicação (Pereira, 2014).

Alguns autores sugerem níveis de força ideal (Kurol & Owman-Moll, 1997; Chan & Darendeliler, 2006; Lopatiene & Dumbravaite, 2008). Contudo, a noção de “força ideal” tem vindo a mudar ao longo do tempo, sendo considerada atualmente, como a força que permite a movimentação dentária desejada, causando o máximo conforto ao paciente e que não provoca danos nos tecidos biológicos, podendo variar entre indivíduos e entre dentes (Pereira, 2014).

A magnitude da força é considerada um fator importante, uma vez que forças consideradas leves induzem movimentos dentários, com a formação de áreas de hialinização pequenas, reabsorção óssea direta sem que exista a remoção de cementoblastos, não tendo, portanto, um “custo biológico”. Consequentemente, quando são aplicadas forças mais pesadas, há formação de zonas de hialinização mais extensas, com reabsorção radicular indireta, existe a remoção de cementoblastos, podendo causar eventuais danos nos tecidos biológicos, nomeadamente nas estruturas dentárias e tecidos periodontais de suporte. Estudos referem que quando são aplicadas forças com uma maior magnitude, existe uma maior propensão para a ocorrência de reabsorção radicular do que

quando são aplicadas forças leves (Kurol & Owman-Moll, 1997; Chan & Darendeliler, 2006; Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

O intervalo de aplicação das forças é um outro fator que se deve considerar e que está relacionado com o intervalo entre consultas de controle, se a força for repetidamente aplicada sem respeitar um intervalo correto, as lesões que se formam e que são inerentes à resposta biológica, vão persistir, impedindo a normal reparação dos tecidos. Desde modo, a reaplicação da força ortodôntica, é recomendada que seja realizada em média com intervalos de três semanas, e em casos em que existem fatores que indiquem uma suscetibilidade aumentada para a reabsorção radicular, deve aumentar-se este intervalo (Brudvik & Rygh, 1994; Pereira, 2014).

Segundo Lopatiene & Dumbravaite (2008), quanto à intensidade das forças aplicadas, existe evidência científica de que forças interrompidas, causam menores níveis de reabsorção radicular que forças contínuas. Deve salientar-se que, forças verdadeiramente contínuas são clinicamente difíceis de obter, uma vez que existe uma magnitude inicial que à medida que vai existindo movimentação dentária vai reduzindo. Os mecanismos que têm mostrado uma menor suscetibilidade para a ocorrência de reabsorção da raiz, são os que apresentam forças descontínuas de magnitudes leves, aplicadas nos intervalos adequados, que ao mesmo tempo que consigam produzir o movimento ortodôntico desejado, consigam assegurar a remodelação e a recuperação das estruturas (Pereira, 2014).

1.2.2.4. Duração do tratamento

A possível correlação entre o tempo de tratamento e a incidência de reabsorção radicular é um tema controverso, uma vez que, alguns estudos apontam que a duração do tratamento não está correlacionada com a reabsorção radicular (Beck & Harris 1994; Mirabella & Artun, 1995), enquanto outros autores referem que existe uma correlação (Sharpe et al., 1984; Mcfadden & Engstrom, 1989; Vlaskalic et al., 1998; Segal et al., 2004); Jung & Cho, 2011; Tieu et al., 2014).

Brezniak & Wassertein (1993), afirma ainda que a reabsorção radicular pode iniciar-se logo no início do tratamento ortodôntico e que a quantidade de reabsorção pode ser de 0,9mm por ano, já Smale et al. (2003) refere no seu estudo, que pode existir um aumento de 0,1 mm de reabsorção radicular nos incisivos centrais e de 0,2 mm nos incisivos laterais por cada mês adicional. Contudo, esta divergência de resultados pode-se explicar pela variabilidade das amostras e métodos utilizados nos diferentes estudos,

deve ainda ter-se em consideração que uma maior duração do tempo de tratamento nem sempre corresponde a um tratamento ortodôntico ativo e a forças contínuas prolongadas (Pereira, 2014).

1.3. Classificação da Reabsorção Radicular

Reabsorção, é o termo correto para descrever a perda de material radicular, dizendo respeito a todas as situações em que os tecidos radiculares são destruídos pelas células clásticas em algum ponto da superfície interna ou externa da raiz dentária e reabsorvidos pelo fluxo sanguíneo ou linfático (Becks & Marshall, 1932; Consolaro; 2011).

A reabsorção radicular considera-se fisiológica quando ocorre na dentição decídua, está geneticamente programada e é descrita como o processo de esfoliação inerente aos dentes decíduos, permitindo a erupção dos dentes sucessores permanentes, processo habitualmente designado por rizólise. Quando a reabsorção radicular acontece na dentição definitiva é considerada como patológica, uma vez que não é esperado que o cemento e dentina destes dentes sejam reabsorvidos permanentemente (Massler & Malone, 1954; Harokopakis-Hajishengallis, 2007; Ahangari et al, 2016).

A reabsorção radicular pode classificar-se quanto ao local de origem como interna, quando o processo de reabsorção se inicia nas paredes internas do canal radicular, ou como externa, quando a reabsorção se inicia pela superfície externa da raiz. É possível que a reabsorção radicular aconteça em simultâneo tanto na região interna como na externa, e nesse caso, é classificada como reabsorção radicular interna-externa (Nascimento et al, 2006).

Este fenómeno pode ainda distinguir-se a quanto à natureza do processo, denominando-se como reabsorção radicular inflamatória ou por substituição. A reabsorção radicular inflamatória, ocorre quando um fator prejudicial atua na região onde se encontram os cementoblastos promovendo a sua remoção da superfície radicular, deixando-a exposta aos osteoclastos que vão causar uma inflamação local e formar tecido de granulação inflamatório, promovendo assim a reabsorção radicular que irá progredir enquanto o estímulo inflamatório persistir. Assim que o estímulo parar, a reabsorção radicular cessa, sendo a área afetada reparada. Este tipo de reabsorção pode acontecer tanto interna como externamente, e no caso de acontecer na região externa pode classificar-se consoante o local da raiz onde ocorre como sendo reabsorção radicular

externa inflamatória apical, lateral ou cervical (Andreasen, 1985; Ramanathan & Hofman, 2006; Nascimento et al., 2006; Consolaro; 2011).

Na reabsorção radicular por substituição, o material radicular que é reabsorvido, é substituído por osso, devido a interações entre os osteoblastos e os cementoblastos, que unem o cimento ao osso, resultando em anquilose do(s) dente(s) afetado(s). Este tipo de reabsorção pode também ocorrer tanto na zona interna como externa do canal radicular e é considerada como irreversível, uma vez que, mesmo após a remoção do estímulo não existe reparação da zona afetada (Nascimento et al., 2006; Consolaro; 2011) (Figura 2).

A reabsorção radicular como consequência do tratamento ortodôntico é considerada como reabsorção radicular externa inflamatória apical, sendo que raramente é observada reabsorção por substituição após o tratamento ortodôntico e ocorre quando a zona do ligamento periodontal é demasiado comprimida (Brezniak & Wassertein, 1993) (Kurol & Owman-Moll, 1998).

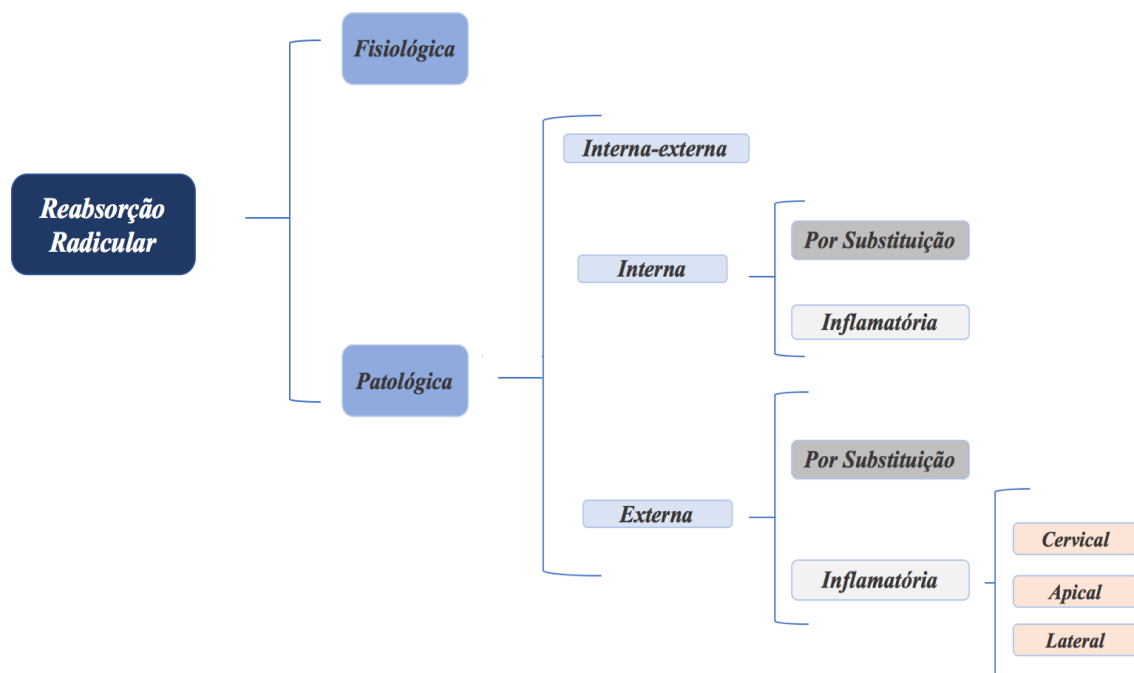


Figura 2 - Classificação da reabsorção radicular (Adaptado de Nascimento et al, 2006).

Devido às diferenças morfológicas dentárias e radiculares, tem sido difícil conseguir classificar a reabsorção radicular externa apical consoante o seu grau de severidade, sendo a que classificação mais utilizada é a proposta por Levander & Malmgren, de 1988. Os autores classificaram-na em 4 graus de severidade, desde o grau 1 em que a raiz apresenta um contorno irregular, até ao grau 4 em que a reabsorção é maior que 1/3 do comprimento inicial da raiz. (Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Topkara, 2011; Maués et al., 2015). (Tabela 1) (Figura 3).

Tabela 1 - Classificação de reabsorção radicular proposta por Levander & Dumbravaite (Adaptado de Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Topkara, 2011; Maués et al., 2015)

GRAU	DEFINIÇÃO
0	Não existe evidencia de reabsorção radicular
1	Contorno radicular irregular
2	Reabsorção radicular apical menor que 2 mm
3	Reabsorção radicular apical de 2mm a 1/3 do comprimento inicial da raiz
4	Reabsorção radicular apical é maior que 1/3 do comprimento inicial da raiz

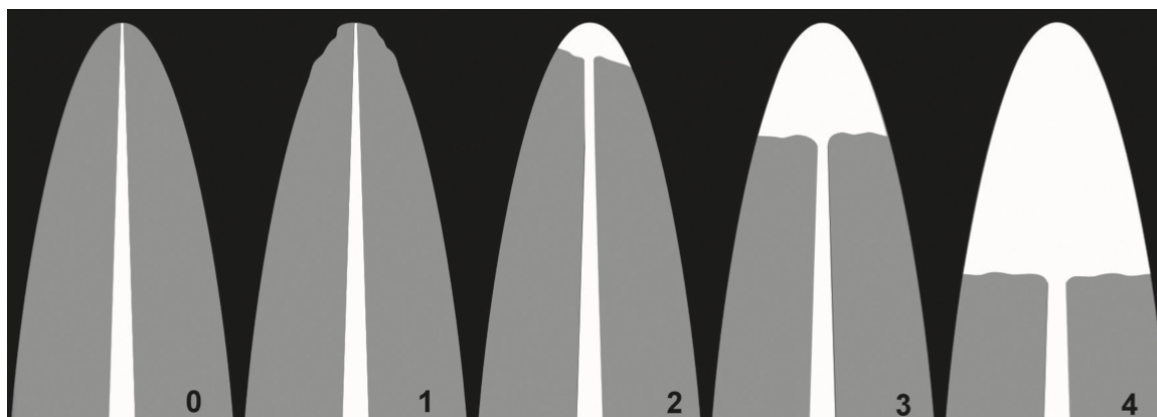


Figura 3 - Classificação de reabsorção radicular proposta por Levander & Malmgren

1.4. Resposta biológica à força ortodôntica

Sabe-se que o movimento dentário compreende três fases: uma fase inicial de movimentos muito rápidos dentro do alvéolo devido à compressão exercida sob o ligamento periodontal, seguindo-se uma fase em que é exercido pouco ou nenhum movimento, devido à hialinização do ligamento periodontal e à lenta reabsorção da lâmina dura. Seguidamente, inicia-se a terceira fase, em que o movimento aumenta gradualmente (Ramanathan & Hofman, 2006).

Para que se dê o movimento ortodôntico é necessário que exista uma força de magnitude significativa, que irá desencadear reações locais, que dizem respeito às trocas histológicas que acontecem no ligamento periodontal e no osso alveolar dos dentes movimentados ortodonticamente e que permitem a remodelação dos tecidos de suporte do dente.

A remodelação ocorre através de processos de reabsorção e aposição óssea. Durante a aplicação das forças ortodônticas o ligamento periodontal é sujeito a forças de tensão e compressão. Na região dentária sujeita a compressão dá-se a reabsorção óssea, e na região sujeita a tensão dá-se a aposição óssea com formação de osso (Ramanathan & Hofman, 2006).

Na zona de compressão existe uma sequência de acontecimentos do ponto de vista histológico que vai levar à reabsorção radicular: existe um período inicial dividido em duas fases. Na primeira fase, existe uma compressão progressiva do ligamento periodontal que dura cerca de 4-5 dias. Numa segunda fase, existe um período de hialinização que pode também ele durar cerca de 4-5 dias até 2 vezes mais. O período secundário diz respeito ao momento em que se dá a reabsorção óssea e é iniciado cerca de 14 a 20 dias após a aplicação da força ortodôntica, podendo durar mais consoante a duração da aplicação da força. A reabsorção radicular começa junto de uma área de hialinização, uma vez que esta é conhecida por a preceder este fenómeno, e é mais provável que aconteça onde a compressão é de maior magnitude ou de maior duração (Reitan, 1967; Ramanathan & Hofman, 2006) (Figura 4).

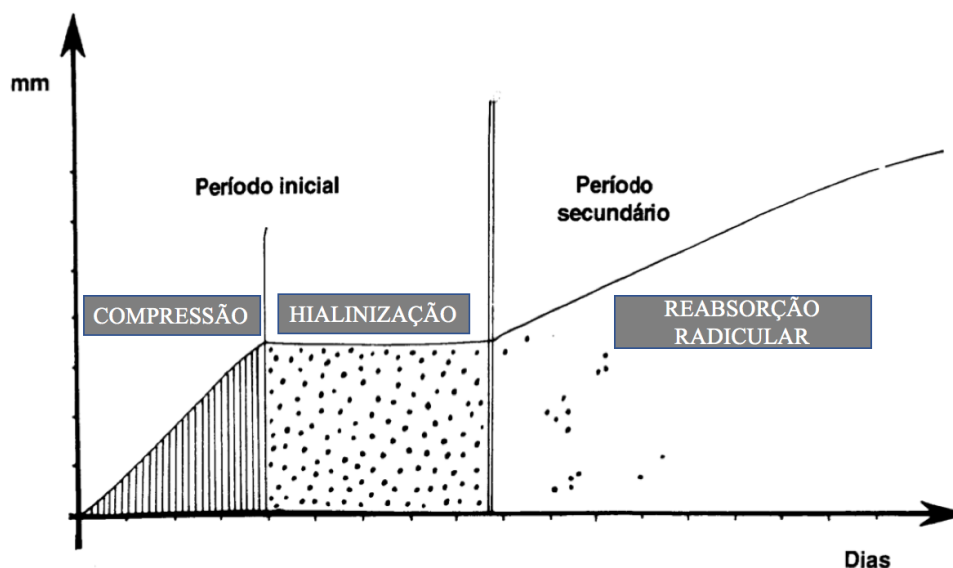


Figura 4 – Diagrama explicativo da resposta biológica à força ortodôntica

(Adaptado no gráfico de Reitan de 1967)

A compressão, causa isquemia do ligamento periodontal, causando-lhe lesões que levam à formação de zonas de necrose, ou seja a hialinização. De seguida, há uma invasão de células provenientes dos vasos sanguíneos que vêm com o intuito de remover a zona hialina (Ramanathan & Hofman, 2006).

As primeiras células a colonizar o local são os macrófagos que são ativados por sinais bioquímicos provenientes do tecido necrótico estéril, resultado da aplicação da força ortodôntica, que removem a zona hialina e reabsorvem a camada de pré-cimento. Após isto, surgem os odontoclastos que possuem características citológicas e funcionais semelhantes aos osteoclastos presentes no osso. Estas células, são pleomórficas e multinucleadas e formadas através da fusão de precursores mononucleares, são de origem hematopoiética do osso e disseminam-se através do sistema vascular. Os odontoclastos, removem o cimento constituído por cementoblastos, deixando o tecido dentinário exposto, onde existem proteínas que o sistema imunitário reconhece como estranho ao organismo, levando à libertação de mediadores químicos inflamatórios e impedindo a reorganização dessas células providas de outras regiões periféricas. As áreas radiculares mineralizadas expostas atraem outras células, os osteoclastos, que migram para o local de inflamação atraídos pelos mediadores inflamatórios e chegados ao local conseguem colonizar o tecido mineral exposto devido à camada dos cementoblastos ter sido posteriormente removida, desencadeando assim a reabsorção radicular. Se este processo

evolui, pode resultar na exposição da dentina, que não tem capacidade regeneradora. Quando a zona deixa de ser comprimida, a inflamação termina e os cementoblastos são capazes de recolonizar a área afetada, cessando a ação dos osteoclastos, parando desta forma a reabsorção radicular (Chan & Darendeliler, 2006; Ramanathan & Hofman, 2006; Lopatiene & Dumbravaite, 2008).

1.5. Diagnóstico da reabsorção radicular

Um diagnóstico precoce é imprescindível para que se possam tomar medidas atempadamente e minorar possíveis sequelas. A reabsorção radicular inicial apenas pode ser detetada histologicamente ou através de análise microscópica. Autores indicam que através de análise microscópica, existe uma maior prevalência de reabsorção radicular relacionada com o tratamento ortodôntico, porém, estes exames não são aplicáveis clinicamente, estando, portanto, na base do diagnóstico o exame radiográfico e o exame clínico (Hartsfield & Everett, 2004; Preoteasa et al., 2009; Topkara, 2011).

A reabsorção radicular é geralmente assintomática, porém nalguns casos podem identificar-se sintomas clínicos como edema, dor e mobilidade dentária. Na maior parte das vezes, a detecção da reabsorção radicular é realizada através das radiografias convencionais de rotina, nomeadamente radiografias panorâmicas e periapicais. A ortopantomografia é um exame realizado por rotina e aplicado clinicamente em grande escala, sendo essencial para um ótimo diagnóstico e tratamento ortodôntico. Possui vantagens como uma visão panorâmica do sistema mastigatório, uma diminuta exposição à radiação ionizante, sendo ainda um exame simples e rápido de realizar, que costuma contar com a colaboração do paciente. Contudo possui as suas limitações, que se encontram principalmente relacionadas com questões de qualidade de imagem e ampliação (Pereira, 2014).

A técnica radiográfica periapical apresenta menores distorções, quando comparada com a ortopantomografia, contudo, para se obterem imagens radiográficas de toda a dentição através desta técnica, são necessárias várias repetições, aumentando a exposição à radiação. Para se conseguirem obter radiografias periapicais precisas, estas devem ser realizadas através da técnica do paralelismo, podendo ainda assim estar sujeitas a alguns erros (Pereira, 2014).

Exames imagiológicos mais recentes, como a Tomografia Computadorizada de Cone Been (CBCT), foram recentemente introduzidas no uso clínico e têm-se revelado um bom meio de diagnóstico, uma vez que através deste exame se obtém imagens

tridimensionais, detalhadas, claras e sem sobreposições. Dudic et al., 2008 no seu estudo referem que níveis de reabsorção radicular são subestimados quando são avaliados através de ortopantomografias quando comparados com CBCT, já Ren et al., (2013), compararam a precisão do CBCT com a radiografia periapical no diagnóstico da reabsorção e referem que os valores tendem a ser subestimados nas radiografias periapicais. Desta forma, o CBCT seria o método ideal para diagnóstico deste fenómeno, porém, apresenta um maior custo e um maior risco de exposição a radiação ionizante, o que tem reduzido a sua indicação para a aplicação clínica e limitado a sua utilização em estudos, tendo-se nestes casos optado pelo uso de radiografias convencionais (Da Silveira, 2007; Dudic et al., 2008; Topkara, 2011; Krieger et al., 2013; Ahangari et al., 2016).

1.6. Possíveis consequências da reabsorção radicular

Na maior parte dos casos, as reabsorções radiculares que derivam do tratamento ortodôntico, são pequenas e suaves, não diminuindo a longevidade ou a capacidade funcional dos dentes afetados, não sendo por isso considerado um fator limitante para o paciente. No entanto, é importante detetar estas situações o mais precocemente possível e ter total domínio dos seus fatores etiológicos para que se determine a predisposição individual de cada paciente, assegurando deste modo, um resultado benéfico do tratamento ortodôntico (Brezniak & Wassertein, 1993; Zahrowski et al., 2011; Ahangari et al., (2016).

1.7. Prevenção da reabsorção radicular

Antes do início do tratamento, o médico dentista deve obter o consentimento informado do paciente, que deve referir os riscos e os benefícios do tratamento proposto. Durante a discussão do consentimento informado, deve ser comunicado ao paciente de que a reabsorção radicular é um risco do tratamento ortodôntico, e que existe a possibilidade da sua ocorrência. O paciente deve ainda ser informado da prevalência do problema, permitindo desta forma, que este fique ciente das possíveis complicações. Este risco e outros riscos associados ao tratamento, juntamente com os benefícios devem ser ponderados e só após isto deve ser tomada a decisão de iniciar o tratamento ortodôntico (Killiany, 1999).

A prevenção deve iniciar-se com a realização de um bom diagnóstico. Deve ser realizada uma anamnese rigorosa, deve conseguir-se detetar precocemente casos de reabsorção radicular e ter-se conhecimento dos fatores de risco locais e sistêmicos que podem indicar uma predisposição para esta situação. O conhecimento dos fatores etiológicos que podem levar à reabsorção associada ao tratamento ortodôntico é imprescindível para que o médico dentista possa agir com coerência clinicamente e para que efetue uma mecanoterapia que respeite as estruturas biológicas (Massler & Malone, 1954; Santos et al., 2007; Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Topkara, 2011).

Devem ainda ser realizados exames radiográficos periodicamente em todos os pacientes ortodônticos após 6 a 9 meses do início do tratamento, de forma a detetar precocemente a reabsorção radicular. Caso se observe uma reabsorção leve ou um contorno irregular da raiz, durante este período, é um indício de que existe um risco elevado para a ocorrência deste fenómeno. Nesse caso, o paciente deve ser informado do quadro clínico e o tratamento ortodôntico deve ser interrompido para que a área atingida recupere. Em casos de deteção de reabsorção radicular grave, o plano de tratamento deve ser reavaliado com o paciente, ponderando a sua continuidade, devendo ser feitas radiografias periódicas até que exista evidência de ausência da progressão da reabsorção radicular (Ramanathan & Hofman, 2006; Topkara, 2011).

1.8. Tratamento da reabsorção radicular

Nas reabsorções dentárias que derivam do tratamento ortodôntico, a principal linha terapêutica é a eliminação da causa. Normalmente a desativação do aparelho é suficiente para que a força se dissipe e o processo de reabsorção termine, existindo um ótimo prognóstico. Quando os agentes que causam a reabsorção são eliminados, as unidades osteoremodeladoras e seus clastos abandonam a superfície radicular dentária, o que leva à neutralização do pH da região e à formação de novos cementoblastos que recolonizam a superfície radicular dentária. Segue-se a formação de novo cimento e as fibras colagêneas reinserem-se no meio da camada cementoblástica recém-formada. Em casos excepcionais mais severos, podem ser aplicados cimentos intracanales, como o MTA e ainda medicação intracanal de modo a tentar estagnar o processo de reabsorção radicular e promover um selamento apical da raiz (Ahangari et al., 2010; Consolaro, 2011).

1.9. Objetivos e hipóteses

1.9.1. Objetivos

Este estudo tem como objetivo:

Avaliar a prevalência de reabsorção radicular apical externa pré e pós-tratamento ortodôntico consoante as variáveis, grupo dentário, género, faixa etária e tempo de tratamento.

1.9.2. Hipóteses Experimentais

Hipótese Nula 1 – Não se verifica reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico quando comparada com os valores do pré-tratamento.

Hipótese Alternativa 1 – Verifica-se reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico quando comparada com os valores do pré-tratamento.

Hipótese Nula 2 – Não se verifica uma relação entre reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e o grupo dentário analisado.

Hipótese Alternativa 2 – Verifica-se uma relação entre a reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e o grupo dentário analisado.

Hipótese Nula 3 - Não se verifica uma relação entre reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e o sexo.

Hipótese Alternativa 3 – Verifica-se uma relação entre a reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e o sexo.

Hipótese Nula 4 - Não se verifica uma relação entre reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e a faixa etária.

Hipótese Alternativa 4 – Verifica-se uma relação entre reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e a faixa etária.

Hipótese Nula 5 - Não se verifica uma relação entre reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e o tempo de tratamento.

Hipótese Alternativa 5 – Verifica-se uma relação entre reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico e o tempo de tratamento.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

2.1.1. Fontes Bibliográficas

Neste estudo, foi realizada uma revisão da literatura, que consistiu na pesquisa bibliográfica recorrendo à base de dados *PubMed*, a pesquisa baseou-se na combinação das seguintes palavras chave: “*Root resorption*”, “*Apical root resorption*” e “*Orthodontic*”. Os resultados obtidos foram filtrados, incluindo-se neste trabalho a literatura relevante para o estado da arte. Os artigos revistos encontravam-se essencialmente em inglês.

2.1.2. Considerações Éticas

Esta investigação, que se intitula como “Avaliação radiográfica da reabsorção radicular externa pré e pós tratamento ortodôntico” foi sujeita à avaliação pela Comissão de Ética da Cooperativa de Ensino Superior Egas Moniz tendo sido aprovada.

2.1.3. Local de Trabalho

O trabalho de investigação foi realizado inteiramente no *campus* da Egas Moniz. A primeira fase de recolha de informação foi realizada na Clínica Universitária Egas Moniz, já numa segunda fase, em que foram realizadas as medições, foi utilizado o pré-clínico do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.

2.1.4. Seleção da Amostra

Foram seleccionados aleatoriamente 150 processos de pacientes de ambos os sexos, submetidos a tratamento ortodôntico e com o tratamento já finalizado através de uma base de dados da Consulta Assistencial de Ortodontia da Clínica Universitária Egas Moniz. Foram aplicados os critérios de exclusão e de seguida foram analisadas as radiografias panorâmicas pré e pós-tratamento dos 56 pacientes que apresentaram os critérios necessários para inclusão no estudo, sendo deste modo, analisadas 112 radiografias e cerca de 560 dentes em que foram efetuadas duas medições. Estes 560 dentes foram organizados por grupos dentários, incisivos centrais e laterais superiores e inferiores e primeiros pré-molares inferiores.

2.1.5. Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram incluídos no estudo, pacientes de ambos os sexos, sujeitos a tratamento ortodôntico durante um período de 1 a 4 anos e que já tinham completado o tratamento. Foram apenas incluídos pacientes com idades entre os 15 e os 35 anos que foram posteriormente divididos em duas faixas etárias: jovens adultos (15-18 anos) e em adultos (19-35 anos). Apenas os pacientes que apresentavam radiografias computadorizadas e as radiografias necessárias para o estudo foram incluídos. Não foram incluídos pacientes previamente submetidos a tratamento ortodôntico, pacientes com doença periodontal e pacientes com anomalias craniofaciais, não foram ainda incluídos, dentes com história de trauma, com lesões periapicais ou submetidos a tratamento endodôntico. As radiografias de pacientes que apresentavam apinhamento ou evidência de raízes com ápice aberto não foram analisadas, uma vez que não era possível a correta visualização das raízes, comprometendo as medidas subsequentes. Radiografias de baixa qualidade também foram eliminadas.

2.1.6. Procedimento

As medições foram realizadas recorrendo a radiografias panorâmicas pré e pós tratamento, todas realizadas pelo mesmo ortopantomógrafo, foram realizadas com auxílio de negatoscópio e paquímetro digital. Para mensurar as radiografias, todos os dentes foram medidos pelo seu longo eixo longitudinal e para a obtenção do comprimento total do dente foi seguido o método de Copeland & Green (1986), que consiste na medição da distância desde o ao bordo incisal no caso dos dentes anteriores e no caso dos pré-molares desde a cúspide vestibular até ao ápice radicular (Figura 5). A reabsorção radicular foi calculada pela diferença do comprimento do dente entre as imagens. Os dentes medidos foram os incisivos superiores e inferiores e primeiros pré-molares inferiores.

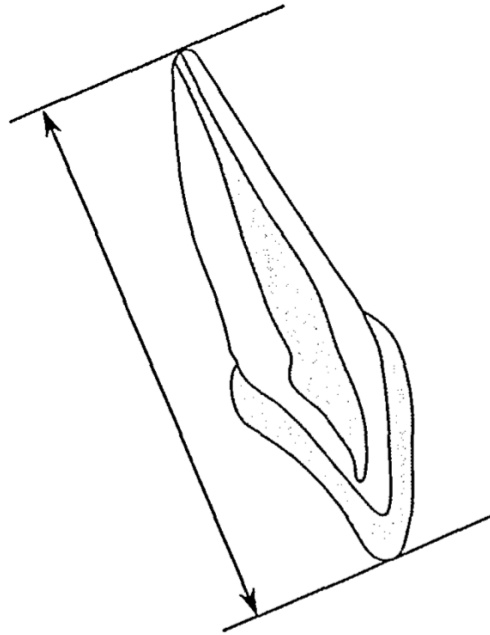


Figura 5 – Diagrama do método de medição utilizado no estudo
(Retirado de Beck e Harris, 1994)

2.2. Metodologia

2.2.1. Caracterização do estudo

Dentro da base de dados da Consulta Assistencial de Ortodontia da Clínica Universitária Egas Moniz, foram selecionados aleatoriamente 150 processos de uma lista de pacientes que já tinham terminado o tratamento ortodôntico. Após a aplicação dos critérios de exclusão, apenas 56 pacientes apresentaram os requisitos necessários para inclusão neste estudo. Os 56 pacientes tinham as suas ortopantomografias em formato digital e armazenadas na base de dados do programa *Sidexis®*, as radiografias foram exportadas, e impressas à escala real, evitando possíveis discrepâncias. A cada paciente estavam associadas duas radiografias, uma pré-tratamento e outra pós-tratamento.

2.2.2. Variáveis do estudo

Para identificar possíveis fatores de risco, foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Grupo de dente analisado
- Sexo
- Faixa etária
- Tempo de tratamento

2.2.3. Instrumentos e materiais usados

Todas as radiografias utilizadas no estudo estavam em formato digital e foram efetuadas com o mesmo ortopantomógrafo, ORTHOPHOS XG 5 DS/Ceph da Sirona. (Figura 6)



Figura 6 - Ortopantomógrafo: ORTHOPHOS XG 5 DS/Ceph da Sirona.

Para mensurar a reabsorção radicular através das ortopantomografias foi utilizado um paquímetro digital de alta precisão com uma resolução de 0,01mm (0,0005”), precisão de 0,03mm(0,001”), alcance de 150mm, capaz de medir até 5 dígitos em milímetros. Para facilitar a observação foi também utilizado um negatoscópio. (Figura 7 e 8)

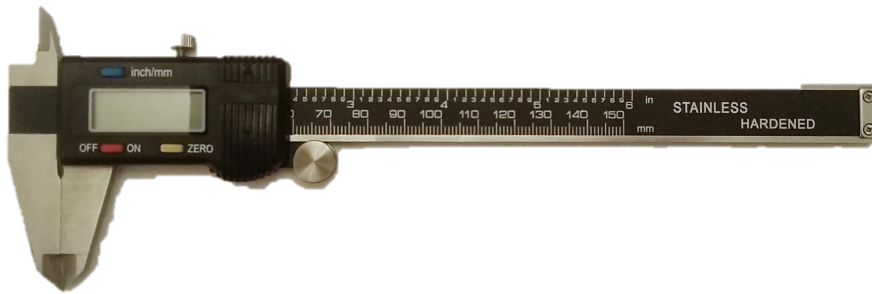


Figura 7 - Paquímetro digital.



Figura 8 - Negatoscópio.

2.2.4. Recolha de dados/Avaliação da reabsorção radicular

O mesmo examinador mediu todas as radiografias panorâmicas e todas as medidas foram realizadas duas vezes, sendo utilizados os valores médios para a análise estatística. Para determinar o rigor das medições, foi analisada a reprodutibilidade intra-observador, 15 radiografias panorâmicas foram selecionadas aleatoriamente e foram realizadas novas

medições pelo mesmo examinador após um intervalo de 1 mês. O teste t não mostrou diferença significativa entre a primeira e a segunda medição ($p=0,238$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste para avaliar o erro intra-observador

	<i>Média</i>	<i>N</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Média das diferenças</i>	<i>Desvio padrão da Média das diferenças</i>	<i>95% Intervalo de confiança inferior</i>	<i>95% Intervalo de confiança superior</i>
<i>1ª Medição</i>	25,2599	150	3,10701	0,00807	0,08335	-0,00538	0,02151
<i>Após 1 mês</i>	25,2518	150	3,10144				

2.3. Análise Estatística

Ao longo do estudo, os dados recolhidos foram colocados numa base de dados no programa Microsoft Excel para serem analisados posteriormente. O tratamento de dados, foi realizado com recurso ao software IBM® SPSS®, Statistical Package for Social Sciences, versão 23.0. Utilizou-se inicialmente a estatística descritiva, para caracterização da amostra e ao nível da estatística inferencial, recorreu-se a testes não paramétricos, nomeadamente o teste de Willcoxon, para testar a existência de alteração radicular no pós tratamento ortodôntico quando comparado com os valores do pré tratamento, o teste de Kruskal-wallis para comparar a reabsorção radicular entre grupos dentário e foi ainda utilizado o teste de Mann-Whitney para comparar a reabsorção radicular com o género e um outro teste para comparar a reabsorção radicular com a faixa etária. O coeficiente de Pearson foi também utilizado, para testar a associação da reabsorção radicular com o tempo de tratamento.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização da amostra

Inicialmente foram selecionados aleatoriamente 150 indivíduos da base de dados da Consulta Assistencial de Ortodontia da Clínica Universitária Egas Moniz, representados por 44 homens e 106 mulheres. (Tabela 3) Os critérios de exclusão foram aplicados, tendo sido excluídos 28 indivíduos por excederem o tempo de tratamento, 26 por se encontrarem fora do intervalo de idades pretendido (15-35 anos), 5 referiram uso prévio de aparelho ortodôntico na história clínica, 25 não apresentavam as radiografias necessárias para inclusão no estudo e 17 indivíduos não apresentavam radiografias possíveis de mensurar (Figura 9).

Tabela 3 - Caracterização da amostra inicial relativamente ao género

		<i>Excluídos</i>		<i>Total</i>
		Sim	Não	
<i>Género</i>	Feminino	68	38	106
	Masculino	26	18	44
<i>Total</i>		94	56	150

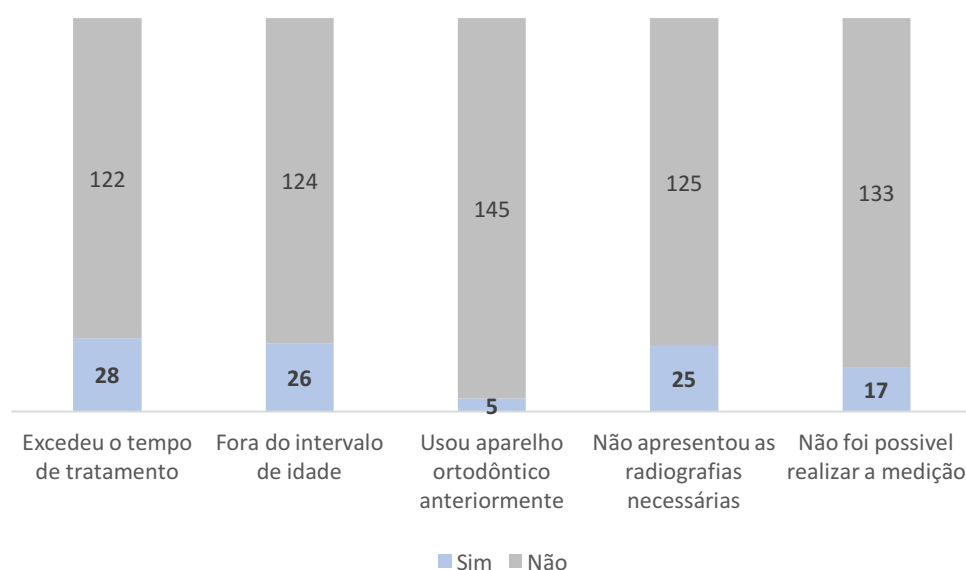


Figura 9 - Gráfico da distribuição de indivíduos segundo os critérios de inclusão e exclusão.

Após a aplicação dos critérios de exclusão foram incluídos 56 indivíduos, com médias de idade de 20,95% (+- 3,38) sendo destes, 18 homens com idade média de 20,78(+3,52) e 38 mulheres com média de idades de 21,03 (+- 3,94). (Tabela 4)

O tempo médio de tratamento foi de 2,68 anos (+0,77).

Tabela 4 - Caracterização da amostra dos indivíduos incluídos relativamente ao género e média de idade

		<i>n</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio padrão</i>
<i>Género</i>	Feminino	38	21,03	3,94
	Masculino	18	20,78	3,52
	<i>Total</i>	56	20,95	3,38

Os indivíduos foram agrupados em duas faixas etárias, a primeira designada por jovens, que incluiu indivíduos dos 15 aos 18 anos e a segunda designada por adultos, que abrangeu os indivíduos dos 19 aos 35. Indivíduos com idade inferior a 15 e superior a 35 anos não fizeram parte do âmbito do estudo. Na faixa etária dos jovens foram incluídos 16 indivíduos e na dos adultos 40, perfazendo um total de 56 (Tabela 5).

Tabela 5 - Caracterização dos indivíduos incluídos no estudo por faixa etária

<i>Faixa Etária</i>	<i>Número de doentes</i>
<i>Jovens (15-18)</i>	16
<i>Adultos (19-35)</i>	40
<i>Total</i>	56

Um dos critérios de inclusão do estudo foi a duração do tratamento ortodôntico, que foi no mínimo de 1 ano e no máximo de 4 anos. A Tabela 6 mostra a distribuição da amostra consoante o tempo de tratamento.

Tabela 6 - Distribuição dos indivíduos incluídos no estudo por tempo de tratamento

<i>Tempo de tratamento</i>	<i>Número de doentes</i>
<i>1</i>	1
<i>2</i>	25
<i>3</i>	21
<i>4</i>	9
<i>Total</i>	56

Dos 56 pacientes incluídos no estudo, foram analisados 10 tipo de dentes diferentes para cada um. Os grupos dentários analisados foram incisivos centrais superiores e inferiores, incisivos laterais superiores e inferiores e primeiros pré-molares inferiores, perfazendo um total de 560 dentes. Os 560 dentes foram analisados duas vezes pré e pós tratamento para determinar a existência reabsorção radicular. Após a análise, concluiu-se que 302 (54%) dos dentes analisados apresentaram reabsorção radicular, 58 (10%) apresentou crescimento da raiz e 200 dentes (36%) não apresentaram nenhuma alteração radicular (Figura 10).

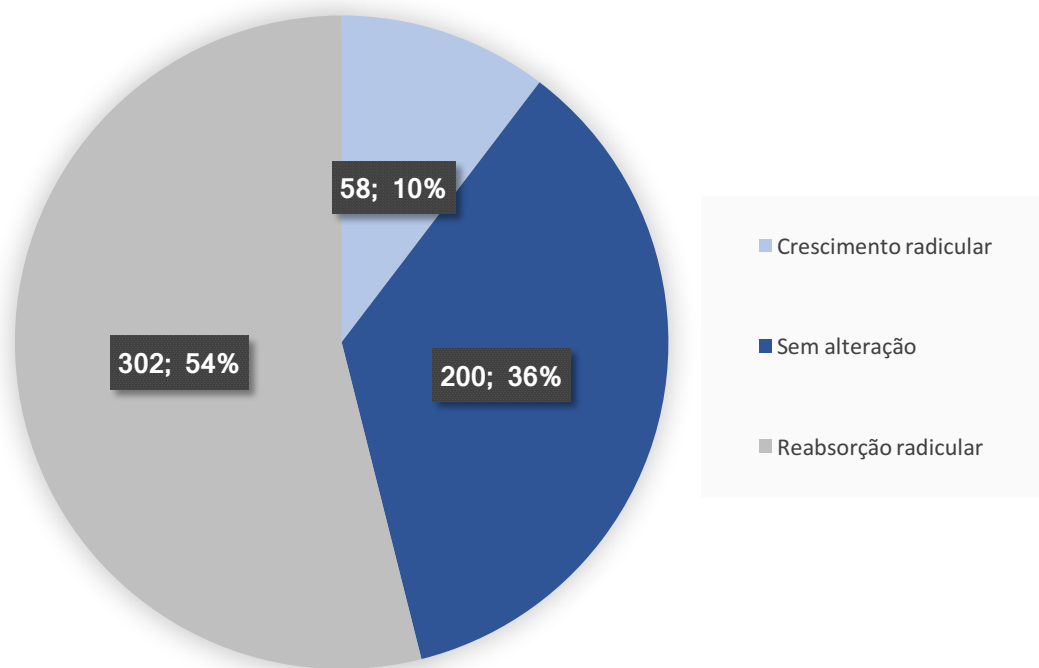


Figura 10 - Gráfico da prevalência de reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico.

3.2. Análise de dados

3.2.1. Alteração radicular entre o pré e pós-tratamento ortodôntico

No pré-tratamento, os 560 dentes analisados, apresentaram um valor de comprimento mínimo de 15,95 e máximo de 35,08, enquanto no-pós tratamento, existem valores mínimos de 15,24 e máximo de 34,83. Comparando a média dos comprimentos do pré-tratamento para o pós-tratamento existe diminuição de um valor de 24,57(+0,14) para 23,75(+0,14). O teste de Willcoxon foi aplicado para verificar se de fato existiu alteração radicular entre o pré-tratamento e o pós-tratamento ortodôntico que revelou a existência de diferenças estatisticamente significativas, para os valores do comprimento mediano dos dentes no pós-tratamento face ao pré-tratamento com $p=0,000$. Mostrando que a diferença é de cerca de 0,82 mm (+0,07) para a reabsorção radicular (Tabela 7).

Tabela 7 - Alteração radicular entre o pré e o pós-tratamento ortodôntico

	<i>Comprimento</i>					<i>Teste de Willcoxon</i>			
	n	Valor mínimo	Valor máximo	Média de valores	Desvio padrão	Média da diferença	Desvio padrão	Limite inferior	Limite superior
<i>Pré-tratamento</i>	560	15,95	35,08	24,5723	0,14063				
<i>Pós-tratamento</i>	560	15,24	34,83	23,7544	0,14397	0,8172	0,06895	0,9533	-0,6824

A Figura 11, representa um gráfico do tipo boxplot, onde se pode observar o valor mediano do pré e pós-tratamento, observa-se que existe diferença entre os dois valores e que os valores do comprimento radicular no pós-tratamento são inferiores aos do pré-tratamento, indicando que no geral existiu reabsorção radicular. Mostra ainda que no pré-tratamento existem valores outliers e que um deles se mantém no pós-tratamento.

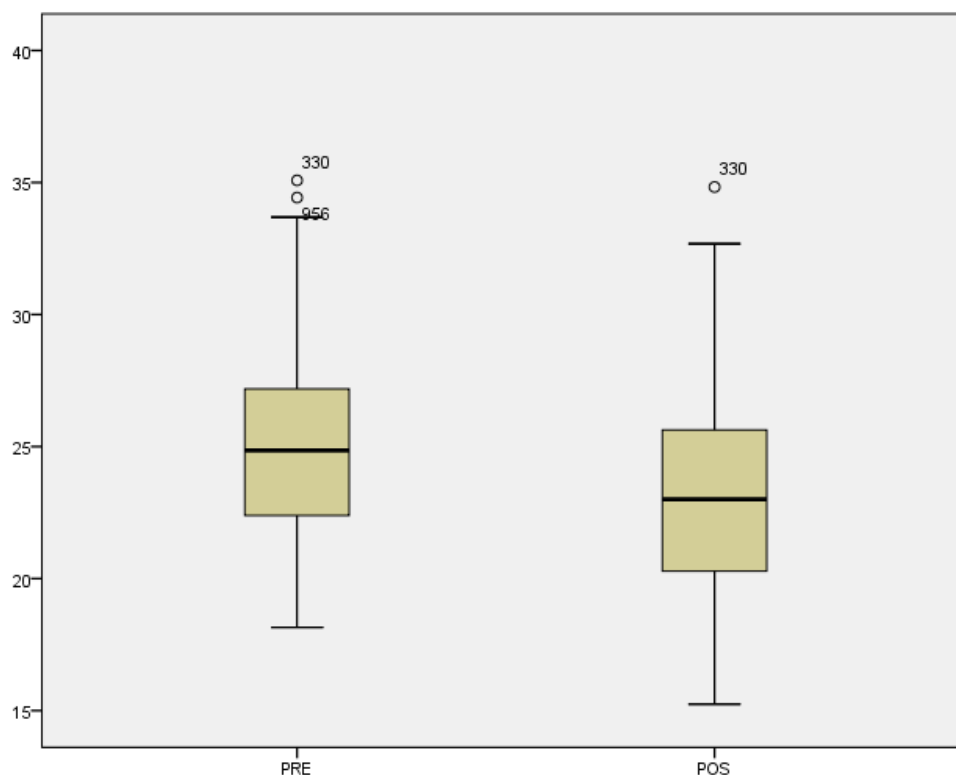


Figura 11 - Distribuição da alteração radicular no pré e do pós-tratamento.

As análises seguintes, vão apenas focar-se nos 302 dentes que apresentaram reabsorção radicular.

3.2.2. Relação da reabsorção radicular com o grupo dentário

Nos 302 dentes que apresentaram reabsorção radicular, conclui-se que não existiram diferenças nas distribuições entre o lado direito e esquerdo para nenhum grupo de dentes por constatação das estatísticas de teste de Mann-Whitney (Tabela 8). Gráficamente podemos retirar a mesma conclusão pela observação do gráfico de barras de erro (Figura 12).

Tabela 8 - Comprimento de reabsorção radicular por tipo de dentes, lado direito e esquerdo

GRUPO DENTÁRIO	N	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Média (mm)	Desvio Padrão	Estatística de teste Mann- Whitney
11	23	,29	6,54	1,5670	1,35269	0,526
21	28	,19	5,16	1,6864	1,09853	
Incisivos centrais superiores	51	,19	6,54	1,6325	1,20845	
12	25	,15	8,90	1,5964	1,65981	0,957
22	28	,05	6,94	1,5354	1,31487	
Incisivos laterais superiores	53	,05	8,90	1,5642	1,47314	
31	39	,39	5,37	2,1031	1,21680	0,901
41	33	,30	6,21	2,2097	1,43964	
Incisivos centrais inferiores	72	,30	6,21	2,1519	1,31507	
32	31	,47	5,50	1,9516	1,47267	0,223
42	31	,02	5,33	2,3277	1,44784	
Incisivos laterais inferiores	62	,02	5,50	2,1397	1,46065	
34	32	,18	12,03	1,5747	2,08173	0,262
44	32	,16	3,53	1,5594	,92222	
Primeiros pré-molares inferiores	64	,16	12,03	1,5670	1,59717	

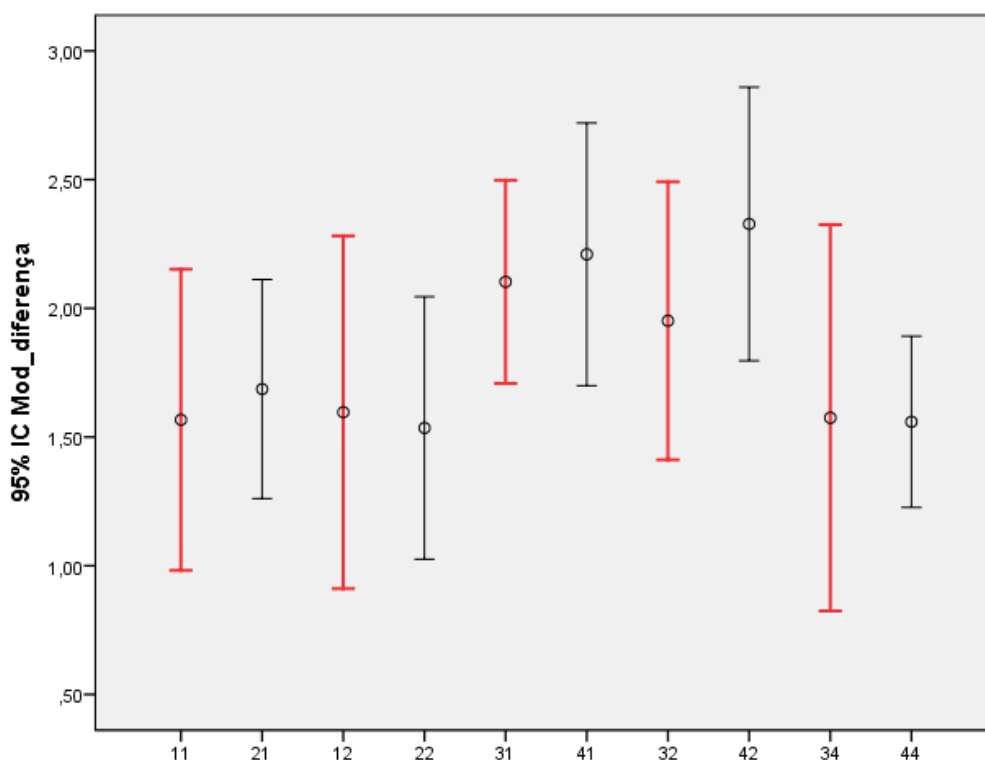


Figura 12 - Gráfico de barras de erro representa valores médios (mm) \pm desvio padrão dos valores das diferenças obtidos no comprimento, dos diversos tipos de dentes, nos lados direitos (vermelho) e esquerdos (preto), em dentes com reabsorção radicular.

Para verificar a existência de reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico consoante os diferentes grupos de dentes foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis que revela que a frequência da reabsorção foi diferente para $p=0,002$. A Tabela 9 mostra a diferente distribuição da frequência da reabsorção radicular por grupos dentários.

Tabela 9 - Distribuição da frequência de reabsorção radicular por grupo de dentes após o tratamento

<i>Grupos dentários</i>	<i>Número de dentes que apresentou reabsorção radicular</i>
<i>Incisivos centrais superiores</i>	51
<i>Incisivos laterais superiores</i>	53
<i>Incisivos centrais inferiores</i>	72
<i>Incisivos laterais inferiores</i>	62
<i>Primeiros Pré-molares inferiores</i>	64
<i>Total</i>	302

Do total dos 302 dentes que apresentaram reabsorção, analisando a reabsorção radicular por grupo de dentes, observou-se que 16,89% dos incisivos centrais superiores, 17,55% dos incisivos laterais superiores, 23,84% dos incisivos centrais inferiores e 20,53% dos incisivos laterais inferiores sofreram reabsorção radicular. Os primeiros pré-molares inferiores, apresentaram 21,19% de reabsorção radicular. O grupo dentário que apresentou com maior frequência reabsorção foi o dos incisivos centrais inferiores, seguido dos primeiros pré-molares inferiores, incisivos laterais inferiores, incisivos laterais superiores. O grupo dos incisivos centrais superiores foi o que apresentou menos vezes reabsorção radicular (Figura 13).

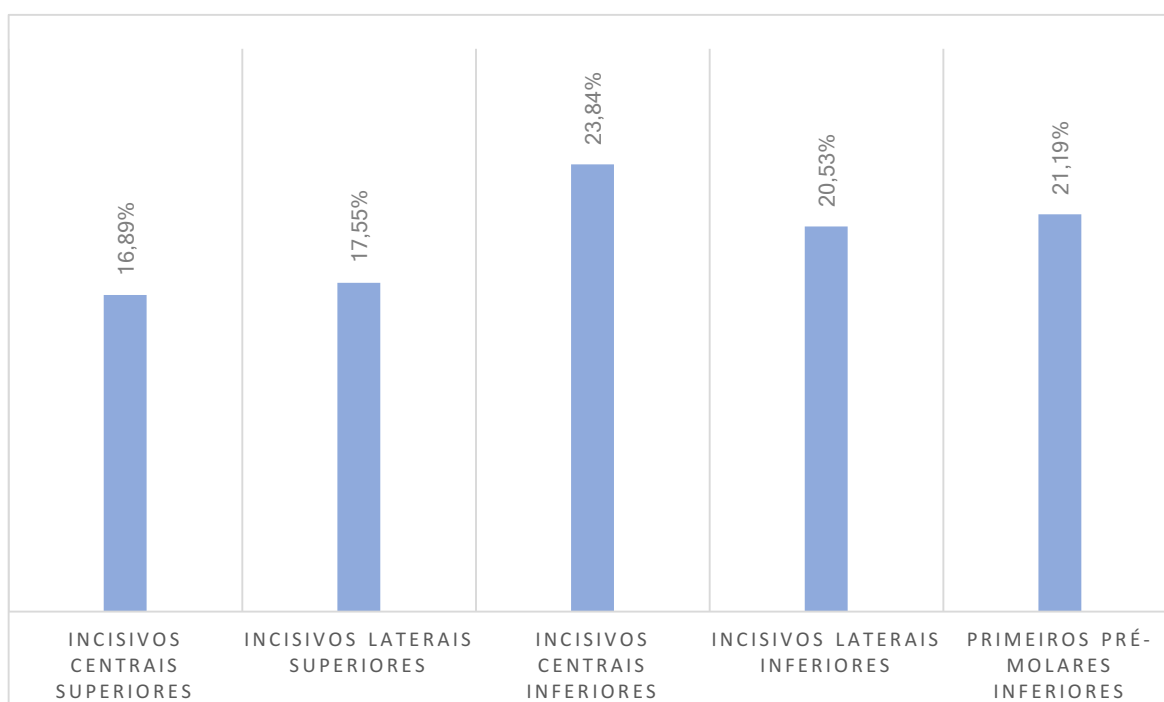


Figura 13 - Representação gráfica da frequência em porcentagem de reabsorção radicular por grupo de dentes após o tratamento.

A quantidade de reabsorção foi maior nos incisivos centrais inferiores com 2,15 mm em média. Segue-se o grupo dos incisivos laterais inferiores com 2,14 mm em média, os incisivos centrais superiores com 1,63 mm, os primeiros pré-molares inferiores apresentaram um valor de reabsorção radicular de 1,57mm e os incisivos laterais superiores esquerdos apresentaram um valor médio de 1,63mm. A média total de reabsorção radicular relacionada com grupo dentário encontrada pós-tratamento ortodôntico foi de 1,83mm (+- 0,0827) (Figura 14 e 15).

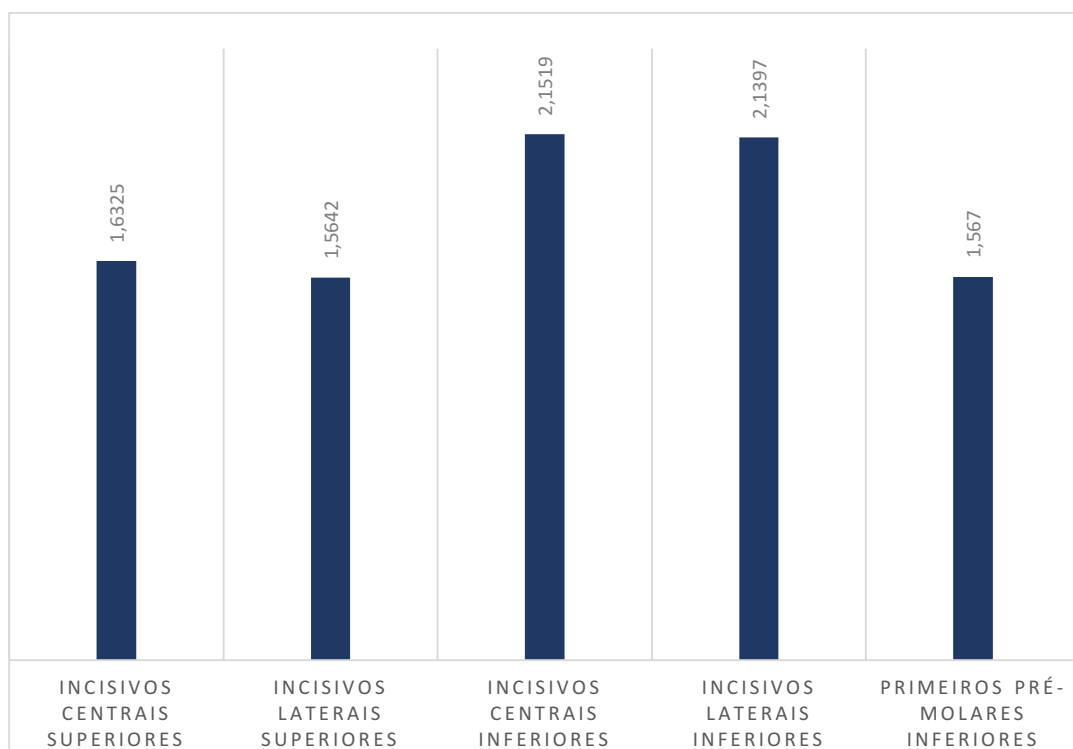


Figura 14 - Representação gráfica da frequência média em mm da reabsorção radicular por grupo de dentes após o tratamento.

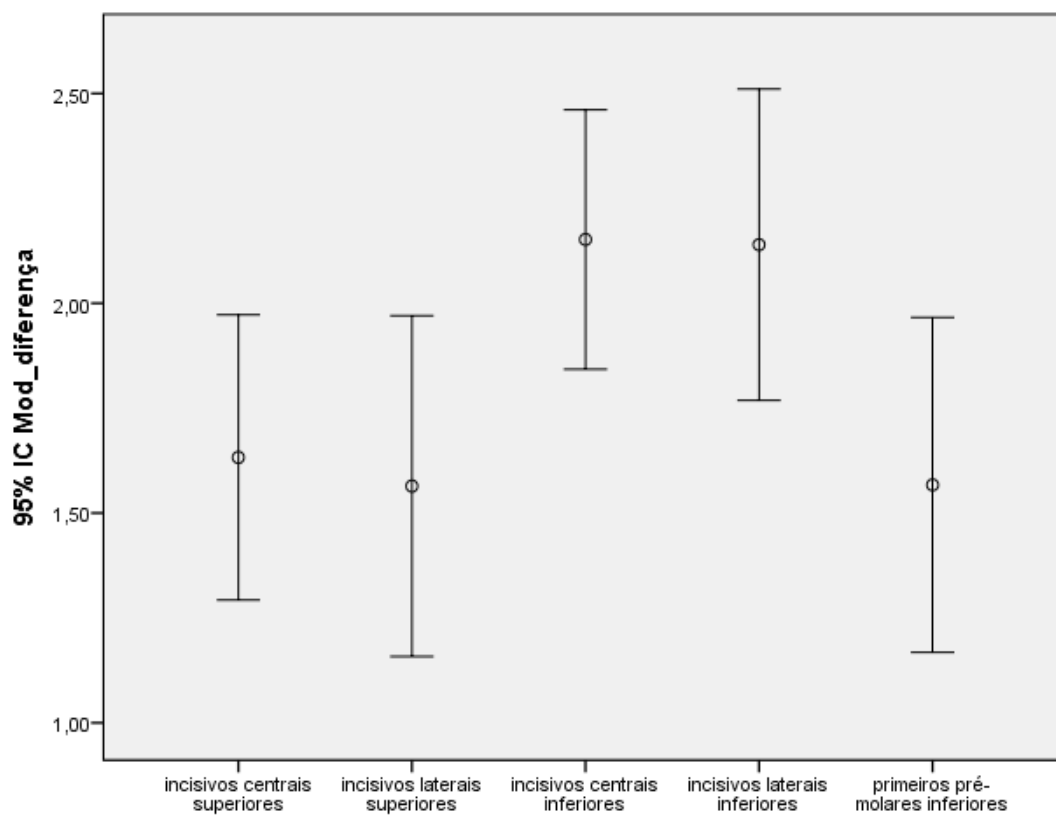


Figura 15 - Diagrama de barras da diferença da reabsorção radicular entre grupos dentários.

3.2.3. Relação da reabsorção radicular com o gênero

Dos 302 dentes que apresentaram reabsorção radicular, 203 pertenciam ao sexo feminino e 99 ao sexo masculino. A média da reabsorção radicular dos dentes do sexo feminino foi de 1,83 (+- 1,50) para 1,85 (+-1,30) do sexo masculino. O teste Mann-Whitney não revelou diferenças estatisticamente significativas, para $p=0,671$, para a reabsorção radicular relativamente ao gênero.

3.2.4. Relação da reabsorção radicular com a faixa etária

Dos 302 dentes que apresentaram reabsorção radicular, 82 pertenciam à faixa etária dos jovens e 220 pertenciam a indivíduos adultos. A média da reabsorção radicular dos dentes dos jovens foi de 1,64 (+- 1,00) para 1,91 (+-1,57) para os adultos. O teste Mann-Whitney não revelou diferenças estatisticamente significativas, para $p=0,583$, para a reabsorção radicular relativamente à faixa etária.

3.2.5. Relação da reabsorção radicular com o tempo de tratamento

Foi medido pelo coeficiente de Pearson (r) a associação entre as variáveis tempo de tratamento e reabsorção radicular. Conclui-se que existe uma associação significativa entre as variáveis com $r=0,234$ e $p=0,000$. A correlação indica que quanto maior o tempo de tratamento maior será a reabsorção radicular.

4. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a prevalência de reabsorção radicular externa pré e pós tratamento, relacionando-a com os fatores que poderão estar na sua etiologia como o tipo de dente analisado, gênero, faixa etária e tempo de tratamento. Existem vários estudos realizados previamente com um intuito semelhante.

Neste estudo foram avaliadas radiografias panorâmicas iniciais e finais de 56 indivíduos com idades compreendidas entre os 15 e 35 anos submetidos a tratamento ortodôntico durante um período entre 1 e 4 anos, selecionados a partir de critérios de exclusão de uma população de 150 indivíduos. A escolha deste intervalo de idades está relacionada com o fato de compreender indivíduos, com dentes, na fase final da sua formação e ainda por permitir obter uma amostra mais homogênea, com indivíduos que à partida não apresentam patologias e não são polimedicados, o que diminui a influência de outros possíveis fatores de risco. (Costa et al., 2002) Os dentes avaliados foram selecionados por serem dos mais afetados pela patologia e por serem os que apresentam menores distorções nas radiografias (Costa et al., 2002).

A necessidade de obtenção de uma amostra com um número considerável e pelo fato dos limites de tempo necessários a cumprir não serem compatíveis com o acompanhamento de todos os pacientes durante um período mínimo de 1 ano e no máximo de 4 anos, levaram à escolha de um estudo retrospectivo, optando-se pela ortopantomografia como meio imagiológico de diagnóstico. A utilização de radiografias panorâmicas foi pragmática, uma vez que são exames realizados rotineiramente antes e depois do tratamento ortodôntico, fazendo parte de todos os processos dos pacientes que realizaram tratamento ortodôntico, enquanto o status radiográficos, com radiografias periapicais, apenas são realizados na Clínica do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz em pacientes com doença periodontal. A reabsorção radicular tem sido estudada através de vários tipos de imagens radiográficas. A tomografia computadorizada (CBCT) é a técnica de ouro para a avaliação da reabsorção radicular provocada pelo tratamento ortodôntico, uma vez que revela elevado nível de precisão e alto grau de pormenor. O grau de reabsorção parece ser subestimado em todas as outras técnicas radiográficas quando comparadas com o CBCT, ainda assim, este não as substitui, uma vez que expõe o paciente a maiores níveis de radiação ionizante e é uma técnica mais dispendiosa. (Krieger et al., 2013).

Dentre as técnicas utilizadas, ortopantomografia e periapical, a radiografia periapical é a técnica que permite a obtenção de uma imagem com mais pormenor e menor grau de distorção, com um fator de ampliação usualmente inferior a 5% (Pereira, 2014). Contudo, e apesar das vantagens da radiografia periapical, estudos de investigação sobre reabsorção radicular continuam a utilizar a ortopantomografia como meio de avaliação frequente, por ser um exame radiográfico universal na prática ortodôntica. Walker et al. (2013), na sua revisão sistemática referem ainda que ambas as radiografias, periapicais e panorâmicas, podem ser utilizadas para avaliar a reabsorção radicular, sendo as panorâmicas utilizadas rotineiramente para registos ortodônticos, estando, portanto mais facilmente disponíveis para análises retrospectivas, como no caso deste estudo.

A radiografia panorâmica apresenta ainda outras vantagens como a reduzida exposição à radiação, técnica rápida, gastando menos tempo de consulta e uma melhor colaboração por parte do paciente uma vez que é uma técnica simples de executar. Para além disso, a radiação é cerca de um quinto da dose de um status periapical completo. Contudo, nestes estudos, há que ter em consideração as suas limitações, como uma qualidade de imagem mais reduzida, o fator de ampliação e distorções (Apajalahti & Peltola, 2007; Pereira, 2014).

Os métodos de medição utilizados pelos diferentes autores, tem variado desde medições com recurso a softwares de imagem (Pereira, 2007; Biscaccia, 2014), a medições manuais que são efetuadas com recurso a um paquímetro digital de alta precisão. (Linge & Linge, 1983; Copeland & Green, 1986; Harris & Butler, 1992; Beck & Harris, 1994; Costa et al., 2002; Jung & Cho 2011) Os programas de imagem, permitem melhorar a qualidade das mesmas, permitindo uma maior facilidade na determinação dos pontos essenciais à medição, aumentando o grau de precisão e reprodutibilidade. Possibilitam ainda o registo dos valores, calculando automaticamente a percentagem de reabsorção radicular para cada dente, aplicando também um fator de correção que minora as limitações inerentes às radiografias, nomeadamente a correção de angulações e variações o que simplifica o processo e evita possíveis erros humanos (Pereira, 2014).

Neste estudo, recorreu-se ao método de medição manual, devido ao fácil acesso aos materiais necessários a utilizar. Neste tipo de medições manuais, a literatura revela que vários métodos manuais foram propostos para medir a reabsorção radicular. Levander & Malmgren, (1988), classificam a reabsorção radicular apical externa utilizando uma escala ordinal de severidade, porém, este método não foi utilizado neste estudo porque na maior parte dos dentes que não se conseguia ter a certeza em que grau se devia inserir e

porque se tencionava medir a reabsorção em mm e não numa escala ordinal optando-se por uma técnica em que fosse possível realizar as medições em milímetros.

Linge & Linge (1983), sugere um método que consiste em medir a distância em milímetros desde a junção amelocementária até ao ápex radicular. Porém, este método não foi utilizado porque uma das limitações das radiografias panorâmicas é que para determinar a reabsorção radicular nem sempre é possível identificar a junção amelocementária com exatidão, apesar do método de Linge & Linge (1983), ser considerado o método padrão, de ter em conta a ampliação e distorção das técnicas radiográficas e de ser utilizado em vários estudos que usam ortopantomografias, este método é mais fiel quando é utilizado em radiografias periapicais. Preferiu-se então, recorrer a um outro método, uma vez que este levaria a um aumento do erro por parte do examinador, que não conseguiria localizar objetivamente a posição anatômica da JAC, causando grandes variações nos resultados (Sehr et al., 2011).

Desta forma, foi seguido o método de Copeland & Green (1986) que foi seguido também por outros autores (Harris & Butler, 1992; Beck & Harris, 1994; Jung & Cho 2011). Este método consiste na medição do comprimento total do dente em mm, desde o bordo incisal até ao ápice radicular, incluindo a coroa do dente. O bordo incisal e no caso deste estudo, também a cúspide vestibular no caso dos primeiros pré-molares, podem ser facilmente visualizados nas ortopantomografias quando comparados com a JAC, tornando este método mais apropriado e mais confiável para este estudo. Este fato leva a especular que, neste estudo, a experiência na observação de radiografias panorâmicas influi na escolha de um método de medição mais fácil e que suscita menos dúvidas.

Para tentar diminuir outras limitações inerentes às radiografias panorâmicas, procedeu-se à padronização de todas as radiografias, que foram impressas à escala real do ortopantomógrafo utilizado (263,73x139,65) e as imagens foram todas analisadas pelo mesmo operador, o teste utilizado para avaliar a reprodutibilidade intra-observador mostrou que não existiam diferenças estatisticamente significativas entre a primeira e segunda medição efetuada após 1 mês para $p=0,238$, resultado que valida o método usados para coletar dados nesta pesquisa. Para dar mais consistência a estes resultados seria pertinente, num estudo à posteriori, realizar um reteste que neste estudo não foi oportuno uma vez que exigiria um outro momento de avaliação e o tempo disponível era limitado. Contudo, apesar do método utilizado parecer confiável, as limitações inerentes à escolha do método manual e às ortopantomografias, nomeadamente possíveis

angulações e variações, não foram totalmente minimizadas por este método selecionado, e os resultados obtidos devem ser sempre observados tendo em conta este fato.

Os estudos da prevalência da reabsorção radicular associada ao tratamento ortodôntico descritos na literatura apresentam resultados muito variáveis, apresentando prevalências de reabsorção radicular de 0% a 100% (Brezniak & Wassertein, 1993), não devendo ser totalmente comparados entre si uma vez que os resultados vão depender das características da amostra, dos critérios e métodos utilizados, que obviamente diferem.

Nesta investigação, no que diz respeito à alteração radicular que existiu entre o pré e pós-tratamento ortodôntico, 54% das raízes dos dentes analisados apresentam reabsorção radicular, apresentando resultados semelhantes aos estudos que realizaram a avaliação radiográfica em ortopantomografias. (Costa et al., 2002; Dudic et al., 2008; Preoteasa et al., 2009; Biscaia, 2014) É de referir também que, cerca de 10% das raízes analisadas apresentaram crescimento radicular quando comparados os valores do pré-tratamento com os do pós-tratamento, esta situação, pode possivelmente ser justificada pelo fato de alguns dentes de paciente mais jovens, não estarem completamente erupcionados no início do tratamento, tendo já atingido a sua total erupção no final do tratamento ortodôntico, revelando, portanto, um crescimento radicular.

Vários estudos anteriores, tem considerado o valor de 2mm como o limiar de significância clínica para a reabsorção radicular (Al-qawasmi et al., 2002), neste estudo, o valor mediano da diferença do pré-tratamento para o pós-tratamento foi de 0,82mm (+/- 0,07), não existindo assim, o compromisso da viabilidade dos dentes avaliados neste estudo.

Relativamente à reabsorção radicular consoante o tipo de dente, a literatura relata que diferentes dentes apresentam uma distinta predisposição para o fenómeno, podendo o mesmo indivíduo apresentar reabsorção radicular em apenas alguns dentes. (Levander & Malmgren, 2000) Segundo Sameshima & Sinclair (2002), os dentes anteriores são os dentes que apresentam maior predisposição. Picanço et al. (2013) refere também que os dentes anteriores são os dentes mais afetados pela reabsorção radicular e diz que esta situação acontece por serem os dentes que mais sofrem movimentações durante o tratamento ortodôntico e os que se encontram mais expostos a fatores externos como o trauma. Biscaia (2014), também conclui no seu estudo que existem mais dentes anteriores afetados pela reabsorção radicular. O presente estudo corrobora com estes resultados, uma vez que os grupos de dentes que apresentaram maior incidência foram do setor

anterior, porém, é importante ter em conta que foram analisados mais dentes do setor anterior do que ao setor posterior, o que influencia estes resultados.

Neste estudo, em termos de frequência, os grupos dentários que apresentaram mais vezes reabsorção radicular foram por ordem decrescente os incisivos centrais inferiores, seguido dos primeiros pré-molares inferiores, incisivos laterais inferiores, incisivos laterais superiores, sendo que o grupo que apresentou menos vezes reabsorção radicular foi o dos incisivos centrais superiores.

Contudo, os grupos de dentes que apresentaram maiores níveis de reabsorção radicular, foram por ordem decrescente, os incisivos centrais inferiores, seguido do grupo dos incisivos laterais inferiores, os incisivos centrais superiores. Os primeiros pré-molares inferiores e os incisivos laterais superiores apresentam valores muito semelhantes, sendo os grupos dentários com menores níveis de reabsorção radicular em mm. Este fato pode ser justificado pela suscetibilidade inerente aos indivíduos e dentes incluídos no estudo, podendo ainda no caso dos primeiros pré-molares, ser justificado por serem dentes recém-formados no início do estudo, o que poderá ter afetado a análise final. Porém, há que ter em consideração, que estas medições foram efetuadas em ortopantomografias que, segundo autores, referem que através deste exame radiográfico existe o sobrediagnóstico de reabsorção radicular quando comparado com a radiografia periapical. Referem ainda que, essas diferenças só são estatisticamente significativas nos incisivos inferiores, que neste estudo foram os dentes que apresentaram uma maior frequência e um maior grau de reabsorção (Sameshima & Sinclair, 2002).

Alguns autores, relatam diferenças na prevalência de reabsorção radicular entre sexos (Brezniak & Wassertein, 1993; Costa et al., 2002; Preoteasa et al., 2009). Porém, a maior parte da literatura, refere que não existem diferenças entre géneros (Sameshima & Sinclair, 2002; Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Jiang et al., 2010; Ahangari et al., 2010; Jung & Cho, 2011; Tieu et al., 2014). Nesta investigação, apurou-se que o género não é um fator que influencia a reabsorção radicular, uma vez que não existiram diferenças entre o sexo feminino e masculino, para $p=0,671$, corroborando com a maioria da literatura.

A maior parte das investigações, demonstra que os adultos apresentam maior predisposição para a reabsorção radicular quando comparados com crianças, devido às alterações inerentes à idade. (Brezniak & Wassertein, 1993; Lopatiene & Dumbravaite, 2008; Preoteasa et al., 2009) Os resultados deste estudo não revelam diferenças significativas para a reabsorção radicular associada à faixa etária. Porém nesta

investigação, não existe um termo de comparação, uma vez que não foram abrangidas crianças na amostra, por apresentarem dentes em formação e com ápex aberto, o que não permitia a sua mensuração.

Alguns autores, referem que não existe uma correlação entre a reabsorção radicular e a duração do tratamento ortodôntico (Beck & Harris, 1994; Mirabella & Artun, 1995). Segundo a meta-análise de Segal et al. (2004) e a revisão sistemática de Tieu et al. (2014) a duração do tratamento é a variável mais frequentemente relacionada com a reabsorção radicular. Este estudo corrobora com estes autores, uma vez que indica que existe associação entre as variáveis tempo de tratamento e reabsorção radicular, e que, quanto maior o tempo de tratamento maior será a reabsorção radicular. Porém, deve ter-se em consideração que além da variabilidade das amostras e das diferentes metodologias utilizadas, uma maior duração do tratamento nem sempre corresponde a um tratamento ortodôntico ativo prolongado. Se o paciente não for assíduo às consultas de controlo, ou o médico preferir um maior espaçamento entre consultas, os períodos de ativação vão ser menores. Deve ainda considerar-se a existência de planos de tratamentos complexos, com diferentes fases de tratamento que podem influenciar a duração do tratamento, não indicando necessariamente uma força ortodôntica contínua.

Este trabalho apresenta algumas limitações, em parte por se tratar de um estudo retrospectivo, por recorrer a imagens radiográficas convencionais, nomeadamente ortopantomografias, a informações dos processos clínicos e ainda, por de ter sido realizado baseado numa amostra de pequena dimensão. Em estudos à posteriori, seria interessante obter uma amostra de maiores dimensões, conseguindo-se uma maior confiança no grau de significado estatístico. Seria atraente o recurso a métodos imagiológicos de maior precisão, nomeadamente a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico, que permitiria uma melhor avaliação e ainda valores de reabsorção radicular mais fidedignos. Seria ainda interessante um estudo que abrangesse mais fatores etiológicos, contribuindo, para uma melhor compreensão deste fenómeno.

5. CONCLUSÃO

Com base na interpretação da análise estatística e nos resultados obtidos, pode-se concluir:

- A hipótese alternativa 1 foi aceite, concluiu-se 54% dos dentes analisados apresentam reabsorção radicular e que existem diferenças estatisticamente significativas para os valores do comprimento dos dentes no pós-tratamento face ao pré-tratamento, tendo existido em média 0,82 mm (+0,07) de reabsorção radicular nos dentes analisados.
- A hipótese alternativa 2 foi aceite, existem diferenças estatisticamente significativas para a reabsorção radicular após o tratamento ortodôntico relativamente ao grupo dentário analisado, sendo os grupos dentários com maiores níveis de reabsorção radicular por ordem decrescente os incisivos centrais inferiores, seguido do grupo dos incisivos laterais inferiores e os incisivos centrais superiores. Os primeiros pré-molares inferiores e os incisivos laterais superiores foram os grupos dentários com menores níveis de reabsorção radicular em mm.
- A hipótese nula 3 foi aceite, uma vez que este estudo não mostra diferenças estatisticamente significativas da reabsorção radicular relativamente ao género, isto é, a reabsorção radicular é igual no sexo feminino e no sexo masculino.
- A hipótese nula 4 foi aceite, este estudo não revelou existência de diferenças estatisticamente significativas da reabsorção radicular relativamente à faixa etária, isto é, não existiram diferenças entre a faixa etária dos jovens e dos adultos.
- A hipótese alternativa 5 foi aceite, existe correlação entre a reabsorção radicular e o tempo de tratamento.

Seria conveniente a realização de novas investigações, com base neste estudo, para consolidar e aperfeiçoar os resultados obtidos.

6. BIBLIOGRAFIA

- Adegbite, K., Ogunbanjo, B., Ajisafe, O., & Adeniyi, A. (2012). Knowledge of Orthodontics as a Dental Specialty : A Preliminary Survey among LASUCOM Students. *Annals of Medical and Health Sciences Research*, 2(1), 14–18. <https://doi.org/10.4103/2141-9248.96930>
- Ahangari, Z., Nasser, M., Mahdian, M., Fedorowicz, Z., Ma, M. (2016). Interventions for the management of external root resorption (Review). *Cochrane Library*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008003>
- Alatli, I., Hammarstrom, E. (1996). Orthodontically Induced root resorption in rat molars after 1- hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate injection. *Acta Odontologica Scandinavica*. <http://dx.doi.org/10.3109/00016359609006013>
- Al-qawasmi, R. A., Hartsfield, J. K., Everett, E. T., Flury, L., Liu, L., et al. (2002). Genetic predisposition to external apical root resorption. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123, 15–17. <https://doi.org/10.1067/mod.2003.42>
- Alfuriji, S., Alhazmi, N., Alhamlan, N., Al-chaideb, A., Alruwaithi, et al. (2014). The Effect of Orthodontic Therapy on Periodontal Health : A Review of the Literature. *International Journal of Dentistry*, 2014, 8. <https://doi.org/10.1155/2014/585048>
- Apajalahti, S., Peltola, J. S. (2007). Apical root resorption after orthodontic treatment — a retrospective study. *European Journal of Orthodontic*, 408–412. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjm016>
- Barroso, M., Devita, R. L., Lages, E., Costa, F. D. O., Drummond, et al. (2012). Risk variables of external apical root resorption during orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod*, 17(2), 1–7. <http://dx.doi.org/10.1590/S2176-94512012000200008>
- Bates, S. (1856). Absorption. *B. J. Science*
- Beck, B. W., Harris, E. F. (1994). Apical root resorption in orthodontically treated subjects : Analysis of edgewise and tight wire mechanics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 105, 350–361. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(94\)70129-6](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(94)70129-6)
- Becks, H. Marshall, J. (1932). Resorption or absorption? *American Journal Of*

- Orthodontics*, 1528–1537. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1932.0185>
- Biscaia, S. (2014). Incidência de Reabsorção Radicular após Tratamento Ortodôntico. *Universidade Fernando Pessoa*.
- Brezniak, N., Wassersteln, A., Aviv, T. (1993). Root resorption after orthodontic treatment: Part 1 . Literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 103, 66. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(93\)70106-X](https://doi.org/10.1016/0889-5406(93)70106-X)
- Brezniak, N., Wassersteln, A. (1993). Root resorption after orthodontic treatment : Part 2 . Literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 138–146. [http://dx.doi.org/10.1016/S0889-5406\(05\)81763-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0889-5406(05)81763-9)
- Brudvik, P., Rygh, P. (1994). Root resorption beneath the main hyalinized zone. *European Journal of Orthodontics*. <http://dx.doi.org/10.1093/ejo/16.4.249>
- Chan, E., Darendeliler, M. A. (2004). Physical properties of root cementum: Part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *American Journal Of Orthodontics*, 504–510. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2004.12.018>
- Consolaro, A. (2011). O conceito de Reabsorções Dentárias ou As Reabsorções Dentárias não são multifatoriais , nem complexas , controvertidas ou polêmicas. *Dental Press J Orthod*, 16(4), 19–24. <http://dx.doi.org/10.1590/S217694512011000400003>.
- Copeland, S., Green, L. (1986). Root resorption in maxillary central incisors following active orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.
- Costa, L., Santos, D., Lourenço, E. (2002). Avaliação radiográfica do nível de reabsorção radicular e perda óssea alveolar pré e pós tratamento ortodôntico. *J Bras Ortodon Ortop Facial*, 7, 407–413.
- Dudic, A., Giannopoulou, C., Leuzinger, M., Kiliaridis, S. (2008). Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(4), 434–437. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.10.014>
- Goldson, L., Henrikson, C. (1975). Root resorption during Begg treatment: A longitudinal roentgenologic study. *American Journal Of Orthodontics*, 66.
- Harokopakis-hajishengallis, E. (2007). Physiologic root resorption in primary teeth :

- molecular and histological events. *Journal of Oral Science*, 49(1), 1–12.
- Harris, E. F., Butler, M. L. (1992). Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic correction in cases with anterior open bites. *Department of Orthodontics, College of Dentistry, University of Tennessee*, 101, 8. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(92\)70002-R](https://doi.org/10.1016/0889-5406(92)70002-R)
- Hartsfield, J. K., Everett, E. T. (2004). Genetic Factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. *Crit Rev Oral Biol Med*, 15(2), 115–122. <https://doi.org/10.1177/154411130401500205>
- Igar, K., Adachi, H., Mitani, H., Shinodal, H. (1996). Inhibitory Effect of the Topical Administration of a Bisphosphonate (Risedronate) on Root Resorption Incident to Orthodontic Tooth Movement in Rats. *Journal of Dental Research*, 75(9), 1644–1649. <https://doi.org/10.1177/00220345960750090501>
- Iglesias-linares, A., Sonneberg, B., Solano, B., Yañez-Vico, R.-M., Solano, et al. (2016). Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. *Angle Orthodontist*, 0(0). <https://doi.org/10.2319/02016-101.1>
- Janson, G. R. P., Canto, G. D. L., Martins, D. R., Freitas, M. R. De. (2000). Orthodontic treatment with 3 different fixed appliance techniques. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 262–273. <https://doi.org/10.1067/mod.2000.99136>
- Jiang, R., McDonald, J. P., Fu, M. (2010). Root resorption before and after orthodontic treatment: a clinical study of contributory factors. *European Journal of Orthodontics*, 32(March), 693–697. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjp165>
- Jung, Y., Cho, B. (2011). External root resorption after orthodontic treatment : a study of contributing factors. *Imaging Science in Dentistry*, 17–21. <https://doi.org/10.5624/isd.2011.41.1.17>
- Killiany, D. M. (1999). Root Resorption Caused by Orthodontic Treatment: An Evidence-Based Review of Literature. *Seminars in Orthodontics*, 5(2), 128–133. [http://dx.doi.org/10.1016/S1073-8746\(99\)80032-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1073-8746(99)80032-2)
- Krieger, E., Drechsler, T., Schmidtman, I., Jacobs, C., Haag, S., Wehrbein, H. (2013). Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners ? A retrospective radiometric study. *Head & Face Medicine*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1746->

160X-9-21

- Kurol, J. Owman-Moll, P. (1997). Hyalinization and root resorption during early orthodontic tooth movement in adolescents. *Angle Orthodontist*, 68, 161–166.
- Levander, E., Malmgren, O. (2000). Long-term follow-up of maxillary incisors with severe apical root resorption. *European Journal of Orthodontics* 22, 22, 85–92.
- Linge, B. O., Linge, L. (1983). Apical root resorption in upper anterior teeth. *European Journal of Orthodontic*, 5, 173–183. <https://doi.org/10.1093/ejo/5.3.173>
- Lopatiene, K., Dumbravaite, A. (2008). Risk factors of root resorption after orthodontic treatment. *Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 10(3), 89–95.
- Marshall, J. (1928). A comparison of resorption of the roots of deciduous teeth with the absorption of roots of the permanent teeth occurring as a result of infection. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography*, 15(5), 417–421. [https://doi.org/10.1016/S0099-6963\(29\)90454-3](https://doi.org/10.1016/S0099-6963(29)90454-3)
- Massler, M., Malone, A. (1954). Root Resorption in Human Permanent Teeth. *University of Illinois*
- Maués, C., Nascimento, R., Vilella, O. D. V. (2015). Severe root resorption resulting from orthodontic treatment: Prevalence and risk factors. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 20(1), 52–58. <https://doi.org/10.1590/2176-9451.20.1.052-058.oar>
- Mcfadden, W. M., Engstrom, H. (1989). A Study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(89\)90323-5](https://doi.org/10.1016/0889-5406(89)90323-5)
- Mirabella, A. D., Artun, J. (1995). Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 48–55. [http://dx.doi.org/10.1016/S0889-5406\(95\)70065-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0889-5406(95)70065-X)
- Monnerat, C., Mucha, J. (1998). A oclusão funcional ideal e a estabilidade do tratamento ortodôntico - uma revisão. *Ortodontia Gaúcha*
- Nascimento, J., Emiliano, G., Silva, I., Carvalho, R., Galvão, H. (2006). Mecanismo , Classificação e Etiologia das Reabsorções Radiculares Mechanism , Classification , and Etiology Of Root Resorptions. *R. Fac. Odontol, Porto Alegre*, 17–22.
- Newman, W. G. (1975). Possible etiologic factors in external root resorption. *American*

- Journal Of Orthodontics*, 67.
- Nieto-nieto, N., Solano, J. E., Yañez-vico, R. (2017). External apical root resorption concurrent with orthodontic forces : the genetic influence. *Acta Odontologica Scandinavica*, 0(0), 000. <https://doi.org/10.1080/00016357.2017.1294260>
- Nishioka, M., Ioi, H., Nakata, S., Nakasima, A., Counts, A. (2006). Root Resorption and Immune System Factors in the Japanese. *Angle Orthodontist*, 76(1). [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2006\)076\[0103:RRAISF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2006)076[0103:RRAISF]2.0.CO;2)
- Ottolengui, R. (1914). The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Dental Items of Interest*.
- Pereira Alves, S. M. (2014). Reabsorção radicular apical externa associada ao tratamento ortodôntico: fatores de suscetibilidade genéticos, biológicos e mecânicos. Universidade de Coimbra.
- Picanço, G. V., Maria, K., Freitas, S., Cançado, R. H., Valarelli, F. P., et al. (2013). Predisposing factors to severe external root resorption associated to orthodontic treatment. *Dental Press J Orthod*, 18(1), 110–120. <https://doi.org/10.1590/S2176-94512013000100022> ·
- Preoteasa, C., Ionescu, E., Preoteasa, E., Comes, C., Buzea, M., & Gramescu, A. (2009). Orthodontically induced root resorption correlated with morphological characteristics. *Romanian Journal of Morphology and Embryology*, 50(2), 257–262.
- Ramanathan, C., Hofman, Z. (2006). Review article root resorption in relation to orthodontic, Clinical features of Root Resorption. *Acta Medica*, 91–95.
- Reitan, K. (1967). Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *American Journal Of Orthodontics*, (10). [http://dx.doi.org/10.1016/0002-9416\(67\)90118-2](http://dx.doi.org/10.1016/0002-9416(67)90118-2)
- Sameshima, G. T., Sinclair, P. M. (2001). Predicting and preventing root resorption : Part I . Diagnostic factors. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 505–510. <https://doi.org/10.1067/mod.2001.113409>
- Santos, E., Santos, A., Lara, T. S., Arantes, F. D. M., Coclete, G. A., et al. (2007). Análise radiográfica computadorizada da reabsorção radicular apical após a utilização de duas mecânicas ortodônticas. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial*, 48–55.
- Sehr, K., Bock, N. C., Serbasis, C., Hönemann, M., Ruf, S. (2011). Severe external apical

- root resorption — local cause or genetic predisposition, (4), 321–331.
<https://doi.org/10.1007/s00056-011-0036-1>
- Sharpe, W., Reed, B., Poison, A. (1984). Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. *Tochester, N.Y.*
- Silveira, H. L. D., Silveira, H. E. D., Liedke, G. S., Lermen, C. A., Santos, R. B., et al. (2007). Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaillofomaxillofacial Radiology (2007)*, 36, 393–396.
<https://doi.org/10.1259/dmfr/13347073>
- Smale, I., Artun, J., Behbehani, F., Doppel, D., Hof, M., et al. (2003). Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 57–67.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.12.030>
- Tieu, L. D., Saltaji, H., Normando, D., Flores-mir, C. (2014). Radiologically determined orthodontically induced external apical root resorption in incisors after non-surgical orthodontic treatment of class II division 1 malocclusion: a systematic review. *Progress in Orthodontics*, 15-48. <https://doi.org/10.1186/s40510-014-0048-7>
- Topkara, A. (2011). External apical root resorption caused by orthodontic treatment: a review of the literature. *European Journal Of Pediatric Dentistry*, 163–166.
- Travess, H., Roberts-Harry, D. Roberts-Harry; Sandy, J. (2004). Orthodontics. Part 6: Risks in orthodontic treatment. *British Dental Journal*, 196(2), 71–77.
<https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4810891>
- Vlaskalic, V., Boyd, R. L., Baumrind, S. (1998). Etiology and Sequelae of Root Resorption. *Australian Foundation for Orthodontic Research*, 4(2), 124–131.
- Walker, S. L., Tieu, L. D., Flores-mir, C. (2013). Radiographic comparison of the extent of orthodontically induced external apical root resorption in vital and root-filled teeth: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 796–802.
<https://doi.org/10.1093/ejo/cjs101>
- Weltman, B., Vig, K. W. L., Fields, H. W., Shanker, S., Kaizar, E. E. (2009). Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(4), 462–476.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.06.021>

- Wickwire, A., McNeil, M., Norton, L. Duell, R. (1974). The Effects of Tooth Movement Upon Endodontically Treated Teeth. *University of Kentucky*.
[https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1974\)044<0235:TEOTMU>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1974)044<0235:TEOTMU>2.0.CO;2)
- Wu, F. L., Wang, L. Y., Huang, Y. Q., Guo, W. B., Liu, C. D., & Li, S. G. (2013). Interleukin-1 β +3954 polymorphisms and risk of external apical root resorption in orthodontic treatment: A meta-analysis. *Genetics and Molecular Research*, 12(4), 4678–4686. <https://doi.org/10.4238/2013.October.18.6>

00